



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ZAŘÍZENÍ PRO DIAGNOSTIKU BATERIÍ
BĚHEM NABÍJENÍ

TOOL FOR RECHARGABLE BATTERY MONITORING DURING CHARGING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michael Formánek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jakub Streit

BRNO 2018

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Michael Formánek

ID: 170242

Ročník: 3

Akademický rok: 2017/18

NÁZEV TÉMATU:

Zařízení pro diagnostiku baterií během nabíjení

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte a realizujte zařízení pro diagnostiku baterií během nabíjení pomocí monitorování průběhu napětí na jednotlivých člancích. Zařízení realizujte jako samostatnou jednotku vybavenou vstupy pro připojení baterie a displejem pro zobrazování výsledků. Požadavkem je jednoduchý export naměřených dat do PC.

1. Proveďte literární rešerši.
2. Navrhněte koncepci systému.
3. Vytvořte a oživte DPS.
4. Vytvořte programové vybavení mikrokontroléru.
5. Vytvořte ovládací aplikaci pro PC.
6. Sepište bakalářskou práci.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Pavel Herout: Učebnice jazyka C, KOPP, 2004, IV. přepracované vydání, ISBN 80-7232-220-6

Dle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 5. 2. 2018

Termín odevzdání: 21. 5. 2018

Vedoucí práce: Ing. Jakub Streit



doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem a kompletní výrobou zařízení pro diagnostiku NiCd baterií používaných v letadlech a vrtulnících. Cílem je vytvoření snadno ovladatelného zařízení, které automatizuje proces vyžadovaný příručkou pro údržbu baterií. Tento proces je momentálně vykonáván ručně obsluhou. Vytvoření zařízení, které výrazně zjednoduší proces analýzy defektních článků baterie a poskytne operátorovi jednoznačný přehled o aktuálním stavu baterie. Výstupem zařízení má být diagnostický protokol, ze kterého operátor snadno určí závadu.

Zařízení je založeno na vývojovém kitu STM32F7 Discovery a měřicích deskách vlastní výroby.

Klíčová slova

Baterie, akumulátor, test kapacity, letadlová baterie, údržba vrtulníků, automatizace, vícekanálové měření

Abstract

This thesis deals with developing and making of device for diagnostics Nickel-Cadmium batteries. Those batteries are commonly used in aircrafts and helicopters. The aim of the thesis is to create an easy-to-use device, that automates the process required by the maintenance manual. This process is performed manually by the operator right now. Creating a device that greatly simplifies the process of analyzing faulty battery cells and provide clear overview of the current battery status to the operator. The device output is to be a diagnostic protocol from which the operator can easily identify a fault. The device is based on the STM32F7 Discovery development kit and self-produced measuring boards.

Keywords

Battery, capacity check, aircraft battery, helicopter maintenance, automatization, multichannel sensing

Bibliografická citace:

FORMÁNEK, M. *Zařízení pro diagnostiku baterií během nabíjení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2018. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jakub Streit.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma „Zařízení pro diagnostiku baterií během nabíjení“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení §11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

Michael Formánek

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Jakubu Streitovi za obětavou pomoc při tvorbě této práce, hlavně pak za pomoc při realizaci návrhu obvodu, programové a formální části práce. Dále bych tímto chtěl poděkovat panu Michalovi Veselému, majiteli fy. DARA-AIR, spol. s r.o., za financování všech součástí zařízení. Dále bych rád poděkoval pánům Ing. Tomáši Maršálkovi a Marku Sanigovi, leteckým technikům, za jejich obětavou pomoc a konzultaci řešení.

V Brně dne

Michael Formánek

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Teorie Akumulátorů	11
2.1	Použití akumulátorů ve všeobecném letectví.....	11
2.1.1	Start pohonné jednotky	11
2.1.2	Záloha letových a navigačních přístrojů	12
2.2	Typy používaných akumulátorů a jejich vlastnosti.....	12
2.2.1	Olověný akumulátor	12
2.2.2	Lithium-Iontové akumulátory.....	14
2.2.3	Nikl-kadmiové akumulátory	15
2.3	Periodická údržba.....	16
2.3.1	Periodická údržba letadlových akumulátorů.....	17
2.3.2	Test kapacity Nikl-Kadmiových akumulátorů	17
2.4	Automatizace procesu.....	18
3	Bateriový Analyzátor.....	20
3.1	Návrh zařízení.....	20
3.1.1	Přepínání článků	20
3.1.2	Měřicí obvod	21
3.1.3	Napájecí obvod.....	23
3.1.4	Řídicí část	24
3.1.5	Návrh desky plošných spojů.....	25
3.2	Konstrukce zařízení	26
3.2.1	Popis jednotlivých konektorů	26
3.2.2	Vnitřní uspořádání zařízení.....	30
3.2.3	Kalibrace zařízení	30
3.2.4	Přesnost měření	31
3.3	Programové vybavení	32
3.3.1	Vývojové prostředí	32
3.3.2	Koncepce programu.....	32
3.3.3	Pomocné funkce programu	37
3.3.4	Záznamový proces	40
3.4	Práce s analyzérem	47
4	Práce s daty a diagnostika NiCd akumulátoru.....	49
4.1	Diagnostická aplikace pro PC.....	49
4.1.1	Import souboru.....	50
4.1.2	Diagnostika Baterie	51
4.1.3	Generování protokolu o prohlídce	52
5	Závěr.....	53
	Literatura	55

Seznam symbolů, veličin a zkratk.....	57
Seznam příloh.....	58

Seznam obrázků

Obrázek 1 Gelový akumulátor Concorde RG24-15 [5]	14
Obrázek 2 Lithium-iontový akumulátor TB17 [6]	15
Obrázek 3 Schéma složení leteckého akumulátoru TSP-283 [7].....	16
Obrázek 4 Zapojení multiplexoru pro měření článku 1	21
Obrázek 5 Zapojení multiplexoru pro měření článku 2	21
Obrázek 6 Konektor MLW34G, DPS [11]	22
Obrázek 7 Schéma napájecí desky.....	24
Obrázek 8 Deska plošných spojů – napájecí modul.....	25
Obrázek 9 Deska plošných spojů – měřicí obvod (Horní a spodní strana).....	26
Obrázek 10 Napájecí konektor P1 [14].....	26
Obrázek 11 Datový konektor P3 [15].....	27
Obrázek 12 Konektor P3 – panel [16].....	27
Obrázek 13 Konektor P3 – kabel [17]	28
Obrázek 14 Konektor P4 – panel [18].....	29
Obrázek 15 Konektor P4 – kabel [19].....	29
Obrázek 16 Úvodní strana	33
Obrázek 17 Hlavní strana – nevybrán režim	34
Obrázek 18 Hlavní strana – Režim testu 20 článkové baterie	34
Obrázek 19 Strana nastavení zařízení	35
Obrázek 20 Strana nastavení záznamového zařízení	36
Obrázek 21 Strana nastavení záznamového zařízení – volba kapacity.....	36
Obrázek 22 Diagnostická strana.....	37
Obrázek 23 Rozložení virtuálních tlačítek	38
Obrázek 24 Příklad zadávání čísla části testované baterie.....	40
Obrázek 25 Strana automatického spuštění procesu záznamu	41
Obrázek 26 Zjednodušené schéma funkce "GetValues"	42
Obrázek 27 Základní informace o výsledku testu kapacity	45
Obrázek 28 Základní informace o proběhlém nabíjení.....	45
Obrázek 29 Ukázka programu pro stahování dat "Battery Analyser Download Tool"	47
Obrázek 30 Vstupní strana obslužné aplikace.....	50

Seznam tabulek

Tabulka 1 Rozložení pinů na konektoru napájecí desky	23
Tabulka 2 Rozložení pinů na konektoru P3	28
Tabulka 3 Rozložení pinů na konektoru P4	30
Tabulka 4 Parametry měřicího vstupu P3.....	31
Tabulka 5 Parametry měřicího vstupu P4.....	31

1 ÚVOD

Motivací pro vytvoření zařízení pro monitorování dobíjení letadlových akumulátorů je značná časová náročnost tohoto úkonu, tak jak je popsán v příručkách pro údržbu. V práci je nejprve popsán pojem akumulátor, jeho role v oblasti všeobecného letectví, vlastnosti a požadavky na něj kladené. Dále jsou tu popsány jednotlivé typy a jejich vlastnosti a principy. Práce se také zaměřuje na legislativní problematiku údržby letadel a letadlových částí a popisuje dle jakých předpisů jsou specifikovány postupy údržby letadlových akumulátorů. Z těchto postupů jsou dále vypsány požadavky na navrhované diagnostické zařízení.

Cílem této práce tedy je návrh zařízení pro měření a diagnostiku baterií. V tomto bakalářském projektu budou analyzovány požadavky na vytvoření daného zařízení. Na základě této analýzy budou vybrány jednotlivé komponenty a součásti, ze kterých bude provedena mechanické sestavení analyzáru.

V další části této bakalářské práce budou popsány metody a funkce, kterých program (běžící na řídicí jednotce) využívá. Tyto metody budou popsány, bude vysvětlena jejich celková funkce a způsob jejich použití. Řídicí jednotka bude dále obsahovat grafické uživatelské rozhraní, které bude níže podrobně popsáno.

V poslední části tohoto projektu pak bude řešen postup diagnostiky NiCd baterií, tedy práce s daty, která budou sbírána pomocí zde řešeného zařízení. Pro zpracování nasbíraných dat bude vytvořena aplikace, která data automaticky zpracuje. Tato aplikace bude ve formě sešitu programu MS Excel a bude obsahovat tzv. makra, která provedou automatickou analýzu dat ze souboru analyzáru a vygenerují protokol o provedené prohlídce. Požadavkem na tuto aplikaci je snadná obsluha s co nejmenším nutným počtem zásahů operátora.

Výsledkem této práce je zařízení, které bude schopné měřit napětí na jednotlivých článcích baterie a zaznamenávat jej pro další zpracování. Následným exportem dat do PC a zpracováním pomocí automatického makra budou data převedena na „lidsky čitelnou formu“, nejlépe do podoby grafu a zápisu v protokolu. Aplikace by také měla umět základní diagnostiku, pro podrobnou diagnostiku se stále počítá se zásahem uživatele, který by ale měl mít, díky podrobným informacím, ideální podmínky pro rychlou analýzu kondice baterie.

Zařízení je navrhováno pro použití v praxi v údržbové organizaci letadel a vrtulníků – ve firmě DARA-AIR, spol. s r.o.

2 TEORIE AKUMULÁTORŮ

2.1 Použití akumulátorů ve všeobecném letectví

Kategorie všeobecného letectví je definována pro veškeré civilní operace v oblasti letectví, které nepodléhají pravidelným linkám apod. jedná se tedy o kategorii letectví, obsahující stoje pro přepravu menšího množství lidí, tedy přibližně 20 osob.

V letadlech a vrtulnících kategorie GA s přepravní kapacitou 6–8 osob plní hlavní akumulátor několik důležitých rolí.

2.1.1 Start pohonné jednotky

Nejprve se jedná o samotný start motoru letadla nebo vrtulníku, a to jak pístového tak proudového. Zde se projevuje první požadavek na vlastnost akumulátoru, kterým je vysoká „tvrdost“ tohoto zdroje napětí. Tedy ani při vysoké proudové zátěži nesmí docházet k výraznému poklesu napětí a dodávaného proudu. Tento požadavek je zvláště nutný pro start proudové pohonné jednotky, kde pokles dodávaného proudu v kritické části spouštění (20-50 % otáček rotoru) může způsobit kritický vzrůst teploty v „horké části“ turbíny a tím její kritické poškození. [1]

Výše popsaná situace je způsobena tím, že startér-generátor (zařízení zodpovědné za „roztáčení“ celého ústrojí) potřebuje dostatek energie pro adekvátní rozběh a nárůst otáček. Pokud se této energie nedostává a startér-generátor nemá potřebný výkon, nedochází k dostatečně rychlému proudění jednotlivými částmi motoru, zapálené palivo tedy neproudí dostatečně rychle a dochází k růstu teplot ve spalovací komoře, na plynové i volné turbíně a může dojít k poškození těchto částí.

U pístových pohonných jednotek takový problém naštěstí nehrozí, ovšem „slabý“ akumulátor může způsobit taktéž nemožnost nastartování, i když bez poškození. Dojde pouze k situaci, kdy startér nedokáže roztočit klikovou hřídel motoru a tím rozpohybovat celou jednotku.

2.1.2 Zálaha letových a navigačních přístrojů

Další důležitou rolí je zálaha napájení letových a navigačních přístrojů, rádií a osvětlení u letadel schválených pro lety dle podmínek IFR¹. S touto zálohou se počítá pro případ výpadku dobíjení za letu, kdy jsou výše zmíněné komponenty napájeny přímo z akumulátoru letadla a musí vydržet v chodu minimálně 30 minut (Dle předpisu EASA CS-23.1303 [2]). Zde narážíme na další pojem a tím je kapacita akumulátoru.

Kapacita je veličina udávající množství energie, které je akumulátor schopný dodat – v mém případě je ve formě „Ampér-hodin“. V praxi to znamená, že pokud má akumulátor kapacitu 10 Ah, je schopen dodávat proud 10 A po dobu 60 min bez toho, aby jeho napětí pokleslo pod 20 V (pro 28 V akumulátory). Tato veličina je také z výše popsaných důvodů předmětem periodických přezkoušení – tzv. „Capacity Check“.

Testy kapacity jsou předepsány výrobcem akumulátoru nebo letadla, a to v intervalu maximálně 12 měsíců. Při indikaci může být tento interval zkrácen. Obvykle je minimální kapacita akumulátoru, pro zachování jeho letuschopnosti, 85 %. Ovšem právě při poklesu kapacity pod 90 % je snížena doba mezi jednotlivými prohlídkami na 6 měsíců (pro akumulátory výrobce MarathonNorco Aerospace, Inc.). [3]

Důvodem pro testování kapacity je právě zabránění negativních následků ve formě poškození pohonné jednotky nebo výpadku životně důležitých přístrojů v kritickou chvíli.

Přesný popis procedury testování bude popsán níže, v kapitole 2.3.

2.2 Typy používaných akumulátorů a jejich vlastnosti

2.2.1 Olověný akumulátor

Olověný článek je sekundární zdroj napětí s kyselým elektrolytem. Článek tedy, stejně jako ostatní sekundární články, při vybíjení mění chemickou energii v elektrickou a naopak. Elektrolyt je u olověného článku tvořen kyselinou sírovou (H_2SO_4).

Akumulátory můžeme rozdělit dle několika kritérií:

- Dle účelu:
 - Staniční akumulátory – jsou konstruovány jako nouzové zdroje energie, vynikají dlouhou životností.

¹ IFR – Instrument Flight Rules: Soubor pravidel pro let podle přístrojů (Předpis ICAO L2, Hlava 5) [6]

- Trakční akumulátory – jsou navrženy na pohon trakčních zařízení, mohou tedy dodávat omezený proud po poměrně dlouhou dobu bez výkyvů (nezvládají proudové špičky).
- Startovací akumulátory – jsou dimenzovány na dodání velkého proudu po krátkou dobu (start pístového motoru, rozběh turbíny proudového motoru).
- Dle stavby:
 - Akumulátory vyžadující údržbu – elektrolyt tvoří kapalná kyselina sírová, ze které se odpařuje voda a je tedy nutné periodicky kontrolovat množství elektrolytu v každém článku a v případě nutnosti doplnit hladinu destilovanou vodou.
 - Akumulátory bezúdržbové
 - Akumulátor se zaplavenými elektrodami – akumulátor obsahuje upravený elektrolyt s rapidně sníženým výparem. Víko akumulátoru také obsahuje speciální labyrint kanálků, který zabraňuje úniku elektrolytu a také umožňuje, stejně jako u ostatních bezúdržbových akumulátorů, rekombinaci plynů.
 - Gelový akumulátor (VLRA) – obsahuje ztužený elektrolyt ve formě gelu. Toho je docíleno přidáním velice jemného skelného prachu do kyseliny sírové. Díky elektrolytu ve formě gelu je možné provozovat akumulátor v jakékoliv poloze. Elektrody jsou obohaceny o vápník, který má za následek značné snížení tvorby plynu. Celý akumulátor je tak zalitý a má pouze přetlakový ventil, který umožňuje rekombinaci plynů.
 - Akumulátory typu AGM² (s vázaným elektrolytem) – jednotlivé elektrody jsou od sebe odděleny separátorem ze skelných vláken dotovaných borem. Tento separátor do sebe váže elektrolyt, umožňuje rychlý průnik plynů a rychlou rekombinaci na záporné elektrodě. [4]

V letectví se setkáme, vzhledem k primárnímu účelu, pouze s akumulátory startovacího typu. Setkáme se ale s akumulátory údržbovými i bezúdržbovými, a to primárně s Gelovými typy.

² AGM – Absorbed Glass Mat



Obrázek 1 Gelový akumulátor Concorde RG24-15 [5]

2.2.2 Lithium-Iontové akumulátory

Jsou také tvořeny dvěma elektrodami, kde anoda (kladná elektroda) je tvořena kompozitním materiálem z lithia a grafitu a katoda (záporná elektroda) je v našem případě vyrobena z lithium-železo-fosfátu (LiFePO_4). Lithium-iontové akumulátory jsou na leteckém trhu poměrně nové, jedním z prvních akumulátorů schváleným Federální leteckou správou³ je akumulátor TB17 společnosti „True Blue Power A division of Mid-Continent Co., Inc.“.

Li-ion akumulátory se vyznačují vysokým startovacím proudem při téměř poloviční hmotnosti. Výrobce dále v manuálu pro údržbu uvádí 24 měsíční dobu mezi jednotlivými údržbami, čímž se snižují nároky na nákladnost servisu.

Tento typ akumulátoru však vyžaduje, aby byl provozován v určitém rozsahu teplot, kde zvláště nízké teploty mu významně škodí. Akumulátor TB17 je řešený tak, že má integrovanou řídicí elektroniku, která při poklesu teploty v jádře akumulátoru spíná interní topení, dále pak hlídá každý článek zvlášť a je schopen hlásit dočasnou nebo i kritickou poruchu. Taková indikace je realizována skrze diskrétní výstupy prostřednictvím kruhového konektoru na těle baterie. [6]

³ FAA – Federal Aviation Administration



Obrázek 2 Lithium-iontový akumulátor TB17 [6]

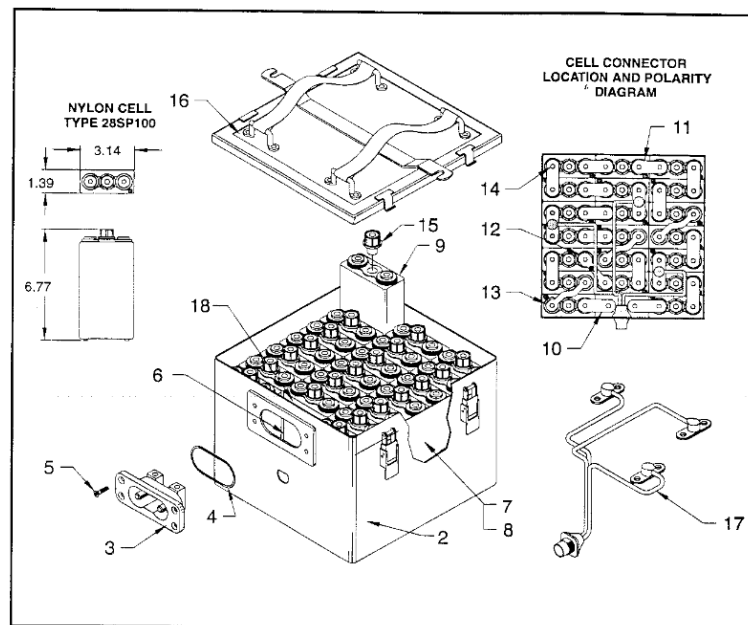
Akumulátor je v současné době schválen k použití pouze na dvou typech letadel a vrtulníků a to Bell 505 a Robinson R-44 [7].

2.2.3 Nikl-kadmiové akumulátory

NiCd baterie jsou sekundární galvanické články se zásaditým elektrolytem (obvykle tvořeným vodným roztokem hydroxidu draselného – KOH). Anoda se skládá z oxid-hydroxidu niklitého (NiO(OH)) a katoda z Kadmia (Cd).

V letectví jsou používány primárně u letadel a vrtulníků s proudovými motory, protože snáší velké proudové rázy. Tyto články ovšem vyžadují pravidelnou údržbu, neboť nejsou „zalité“. Dochází však skrze ventily k úniku výparů obsahujících Uhličitan draselný (K_2CO_3), který se ve formě bílého prášku usazuje v okolí ventilů jednotlivých článků. Předmětem údržby je tedy hlavně čištění a kontrola elektrolytu. [3]

Letecké NiCd baterie jsou vyráběny na nominální napětí 28 V, jedná se tedy o blok obsahující 20 sériově spojených článků, většinou obsahující interní bimetalové snímače teploty pro diskrétní indikaci vysoké teploty a přehřátí.



Obrázek 3 Schéma složení leteckého akumulátoru TSP-283 [7]

2.3 Periodická údržba

Každé létající zařízení potřebuje k tomu, aby bylo letuschopné tzv. „Osvědčení o letové způsobilosti“ (Certificate of Airworthiness. Toto osvědčení se vydává na základě „Uvolnění do provozu“ schválenou údržbovou organizací (dle EASA Part 145). [8]

Taková organizace podléhá úřadu pro civilní letectví daného státu, který vykonává periodický audit, musí se řídit platnými předpisy a vést nepřetržitou linii záznamů o provedených údržbách, opravách a úpravách na všech létajících zařízeních, o které se stará.

Než může organizace přijmout k údržbě nový typ, musí mít vypracovaný „Program údržby“, který schvaluje Úřad pro civilní letectví (pokud se jedná o českou republiku, jinak úřad daného státu).

Program údržby většinou vychází přímo z návodu pro údržbu (MM – Maintenance Manual) letadla přímo od výrobce. Místní úřad může tyto postupy upřesňovat (jedině však zpřísňovat, nikoli ulevit), neboť MM má vždy určitý prostor a je na údržbové organizaci a místním úřadu, pod který organizace spadá, jak si údržbu nastaví.

Této možnosti se využívá poměrně často, konkrétně je velký rozdíl, když letadlo nebo vrtulník nalétá 100 letových hodin ročně nebo 600. Právě zde vhodnou „konfigurací“ údržbových kroků, a jejich dobrým plánováním, je možné dosáhnout značené úspory nákladů. To ale není předmětem této bakalářské práce.

2.3.1 Periodická údržba letadlových akumulátorů

Předmětem bakalářské práce jsou letadlové akumulátory a jejich údržba a diagnostika. Tento proces je vyžadovaný právě výše zmíněnými postupy a programy.

Základním úkonem údržby akumulátoru je jeho dobíjení. To se provádí v souladu s doporučením výrobce v manuálu akumulátoru (vždy je dostupný online v poslední revizi).

Kontrolním úkonem, který se provádí, je také výše zmiňovaný test kapacity. Ten je rovněž předepsaný každým výrobcem zvlášť. Testy kapacity jsou obvykle vyžadovány každých 12 měsíců a vzhledem k dalším limitovaným dílům⁴ se tyto úkony soustředí do jedné rozsáhlé periodické prohlídky tzv. „roční“ (Annual Inspection).

2.3.2 Test kapacity Nikl-Kadmiových akumulátorů

2.3.2.1 Nabíjení

Prvním krokem při přijetí akumulátoru do servisu je vizuální inspekce na poškození a jeho plné dobití. Zde se odkazují na Manuál pro údržbu pro akumulátory společnosti MarathonNorco Aerospace [3], protože akumulátory fy. Saft mají prakticky stejný průběh.

„Pokud se jedná o akumulátory, které jsou částečně vybité, například akumulátory převzaté z normálního provozu, proveďte nabití dle kroku I“ [3] V kroku I nás manuál instruuje, že máme připojit nabíječku (zdroj konstantního proudu) a dobíjet akumulátor „hlavním nabíjecím proudem“ (uveden v manuálu pro každý typ článku) dokud všechny články nemají více než 1,55 V, po splnění této podmínky máme zredukovat nabíjecí proud na tzv. „Topping charge current“ a tímto proudem nabíjet 60 minut. Zde je dobré podotknout, že nabíjecí stroj musí být schopen dodat alespoň 40 V, neboť při nabíjení konstantním proudem může jít napětí přes 35 V.

V posledních 15 minutách nabíjení je třeba provést kontrolu hladiny elektrolytu a případné doplnění destilovanou vodou na předepsanou výšku hladiny.

V průběhu nabíjení se sledují následující ukazatele:

- Doba, za kterou daný článek dosáhne 1,55V
- Napětí na každém článku každých 15 min.

⁴ Limitované díly – Díly a letadlové celky, které mají přesně danou maximální dobovou (počet měsíců) anebo letovou (počet letových hodin) životnost, po uplynutí této doby se již nesmí používat na žádné letadlové technice.

2.3.2.2 Test kapacity

Po ukončení nabíjení je nutné nechat akumulátor alespoň hodinu vychladnout, poté je možné započnout kontrolované vybíjení akumulátoru.

Vybíjení se provádí na umělé zátěži proudem rovným kapacitě akumulátoru (pokud má akumulátor kapacitu 17 Ah, test probíhá při konstantním proudu zátěží 17 A) po dobu 60 min. Zde se měří čas, kdy napětí zatíženého akumulátoru dosáhne hodnoty 20 V (pro 28 V akumulátory). Test končí dosažením 20 V nebo po uplynutí 60 min. Pokud test běží celých 60 min. bez přerušení, má akumulátor kapacitu 100 %, jinak se kapacita vypočte z času dosažení limitních 20 V (čas t):

$$Cap [\%] = \frac{60}{t} * 100 \quad (1)$$

V průběhu testování se sleduje napětí na každém článku pod zátěží každých 15 minut. Z těchto hodnot můžeme poté vypočítat kondici nebo začínající problém. O tom bude psáno v kapitole „4.1.2 Diagnostika Baterie“.

2.3.2.3 Opětovné nabití

Posledním krokem je opětovné nabití akumulátoru, s postupem stejným jako v prvním kroku.

2.3.2.4 Vyhodnocení výsledku a navrácení do provozu

Baterie je shledána letuschopnou, pokud její minimální kapacita je rovna nebo vyšší předepsané mezní hodnotě (80 nebo 85 %). Pokud těchto hodnot nedosahuje je možno provést další procedury vedoucí k možné obnově kapacity akumulátoru. Tyto postupy jsou popsány v příslušných manuálech.

Uvolnění do provozu se provádí vyplněním příslušného protokolu, který obsahuje záznam o provedení jednotlivých kroků, a jeho verifikací technikem.

2.4 Automatizace procesu

Výše zmiňované kroky jsou velice časově náročné, neboť se jedná (v současné době) o plně manuální práci. Ačkoliv nabíjecí a testovací stanice je plně automatická, je vyžadována neustálá přítomnost technika pro monitorování teploty a záznam napětí na jednotlivých člancích v předepsaných intervalech. Ve výsledku musí být technik přítomen prakticky po celou dobu procesu.

Zde se nabízí určitá možnost automatizace – automatického záznamu dat a hlídání celkového stavu.

Takové zařízení by mělo být schopno měřit napětí na každém článku zvlášť s periodou vzorkování přibližně 30–60 vteřin. Tyto hodnoty napětí by měly být

s přesností na setiny voltu. Dále by zařízení mělo být schopno hlídat teplotu sestavy například pomocí externí sondy, a/nebo by mělo mít možnost napojení diskretních vstupů na bimetalové snímače zabudované v akumulátoru.

S nutností zásahu obsluhy se počítá i nadále, protože do užívaného testeru akumulátoru není možno zasahovat. Zařízení pro diagnostiku a nabíječ/tester by měly být dvě na sobě nezávislá zařízení, respektive navrhované zařízení by mělo být jeho nástavbou.

Naposledním požadavkem je snadná ovladatelnost a jednoznačný/jednoduchý výstup i pro člověka, který není příliš zběhlý v problematice akumulátorů a výpočetní technice.

3 BATERIOVÝ ANALYZÁTOR

3.1 Návrh zařízení

Výše jsem popsal základní požadavky na zařízení pro automatické sledování stavu akumulátoru v průběhu testování. Nejsložitějším akumulátorem je jednoznačně Nikl-kadmiový, protože je uvnitř složen z 20 jednotlivých článků a každý je třeba sledovat zvlášť.

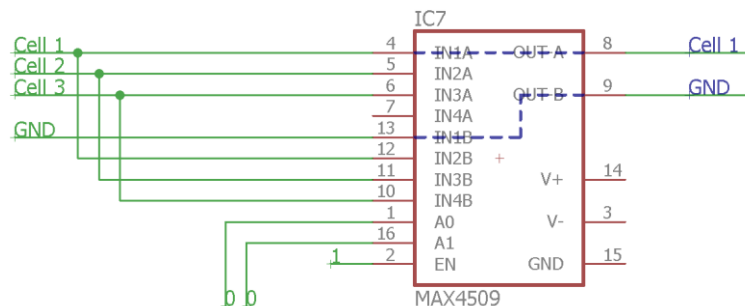
Základem zařízení bude tedy obvod schopný měřit napětí na každém článku zvlášť. Není zde nutnost měřit články úplně zároveň, takže můžeme měřit jeden po druhém. Hledáme tedy měřič napětí s možností přepínání mezi 20 kanály.

3.1.1 Přepínání článků

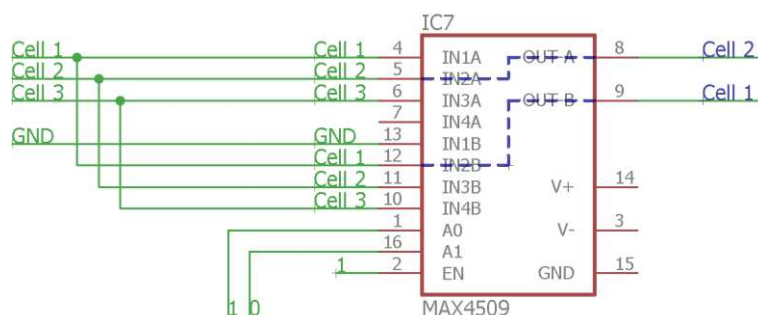
Zde se nabízí možnost použít 20 relé a jednotlivé články spínat na měřicí zařízení, které bude měřit potenciál mezi článkem a zemí. Tohle řešení má to úskalí, že rozdíl mezi potenciálem u prvního a posledního článku je přibližně 30 V a není tak možné dosáhnout potřebné přesnosti (vzhledem k nutnosti převodu měřené veličiny na rozsah 0-3,3 V pro procesorovou část). Další možností je řešit spínání relé tak, aby na vstupu měřícího zařízení byl vždy pouze jeden článek, a to tak, že na kladném pólu měřícího obvodu bude kladný pól článku N a na záporném pólu měřícího obvodu bude kladný pól článku N-1. Vycházejme z toho, že z akumulátoru máme vyvedený záporný pól celé baterie a pak kladný pól každého článku a tyto články jsou zapojeny v sérii (kladný pól článku N-1 je spojen se záporným pólem článku N).

Použití relé sebou nese ale určité úskalí v podobě velkého množství součástek (20x dvojpólové relé, 20x tranzistorový spínač pro spínání relé, ochranné diody, přepěťová ochrana, nejméně 3x multiplexor pro výběr relé) a s tím souvisejících rostoucích výdajů na materiál a práci.

Další variantou je použití analogových multiplexorů pro přepínání. První variantou bylo použití multiplexorů 1 z 8, kde vždy první spínal záporný pól jdoucí do měřícího obvodu a následující spínal kladný pól. Nakonec jsem se po doporučení uchýlil k multiplexoru 1 z 4, který má v jednom čipu dva takové multiplexory, díky tomu mi jde do měřícího obvodu kladný i záporný pól z každého čipu zvlášť.



Obrázek 4 Zapojení multiplexoru pro měření článku 1



Obrázek 5 Zapojení multiplexoru pro měření článku 2

Na obrázku 4 a 5 je demonstrováno zapojení a funkce přepínače, další články jsou již zapojeny stejným způsobem.

Ovládání multiplexoru bude realizováno pomocí řídicí jednotky, která bude následně i zpracovávat naměřené hodnoty.

Multiplexor typu „MAX4509“ od výrobce Maxim Integrated byl vybrán z důvodu napětového rozsahu, může být napájen symetrickým napětím ± 18 V, díky čemu poskytuje napětový rozsah přibližně 34 V, který pro naše účely dostačuje. Tento integrovaný obvod dále disponuje integrovanou přepětovou ochranou, která nepustí na výstup napětí vyšší než napájecí. Při neaktivním EN vstupu, je výstup odpojený a tím je zajištěna ochrana v případě, že je připojena měřená baterie zatímco je řídicí elektronika odpojena. [9]

3.1.2 Měřicí obvod

Jednou z nejdůležitějších částí je integrovaný obvod, starající se o samotné snímání napětí. Prvotní variantou bylo použití operačního zesilovače v zapojení jako diferenciální zesilovač. Tento zesilovač by zesílil potenciál mezi dvěma články $2\times$ a takto zesílený signál by se předával dále na zpracování.

Velké množství součástek a také velký požadavek na přesnost byly dvě věci, které spolu nekořesponovali, neboť s každou další součástkou (pro nastavení OZ) vstupovala do obvodu další chyba. Řešením je použití instrumentálního zesilovače.

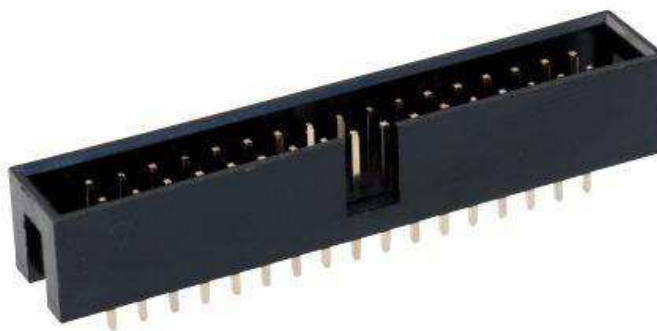
Instrumentální zesilovač je integrovaný obvod s funkcí diferenciálního zesilovače, ale s přesně nastavenými parametry a s kompenzací chyb. Nastavení zesílení se tak neprovádí čtyřmi součástkami, ale pouze jednou nebo žádnou (existují varianty kde se volba zesílení provádí zkratem mezi určitými piny). Instrumentální zesilovač dále disponuje velmi vysokým vstupním odporem (v řádu $G\Omega$) což eliminuje ztráty na měřicím vedení a s tím spojenou nepřesnost, a minimálním výstupním odporem.

Pro tyto účely byl vybrán zesilovač „INA118P“ od Texas Instruments. Tento zesilovač umožňuje plynulé nastavení zesílení ($1 - 1000\times$), a také disponuje rozsahem až 36 V. Napájení je realizováno symetrické ± 18 V, čímž je umožněno měření na celém rozsahu. Zesilovač je dále na výstupu vybaven dolní propustí s mezním kmitočtem přibližně 10 Hz pro odstranění nechtěných zákmitů a rušení na měřené větvi.

Obvod přepínače a měření byl umístěn na jednu společnou obvodovou desku. O zajištění napájení se stará napájecí obvod, který přivádí již upravené a vyfiltrované symetrické napájení.

Obvod je dále vybaven konektorem pro přivedení řídicích signálů pro přepínače (spínání jednotlivých multiplexorů a jejich kódových vstupů). Tyto vstupy jsou spínány přivedením logické 1, v našem případě přivedením 3,3 V. Pro vizuální signalizaci aktuální logické úrovně jsou i zde signálky. Řídicí signály jsou dále vybaveny „pull-down“ rezistory pro předejití nežádoucích sepnutí vlivem parazitních proudů.

Pro přívod signálu na desku jsem zvolil konektor pro plošné kabely „MLG34G“ v provedení pro přímé napojení do DPS.



Obrázek 6 Konektor MLW34G, DPS [11]

3.1.3 Napájecí obvod

Požadavek na napájení je dvojitý, nejprve potřebujeme 5 VDC pro napájení elektroniky pro zpracování dat. Touto elektronikou se rozumí mikroprocesorový kit s dotekovým displejem. Pro tuto větev jsem použil hotový blok spínaného zdroje TPM 07105 od firmy Tracopower. Měníče Tracopower disponují vysokým rozsahem vstupního napětí (100-240 VAC při 47-440 Hz) které musí být jištěno 1 A pojistkou typu „Slow-blow“. Námi vybraný model disponuje výkonem 7 W a je schopen dodat proud maximálně 1400 mA. [12]

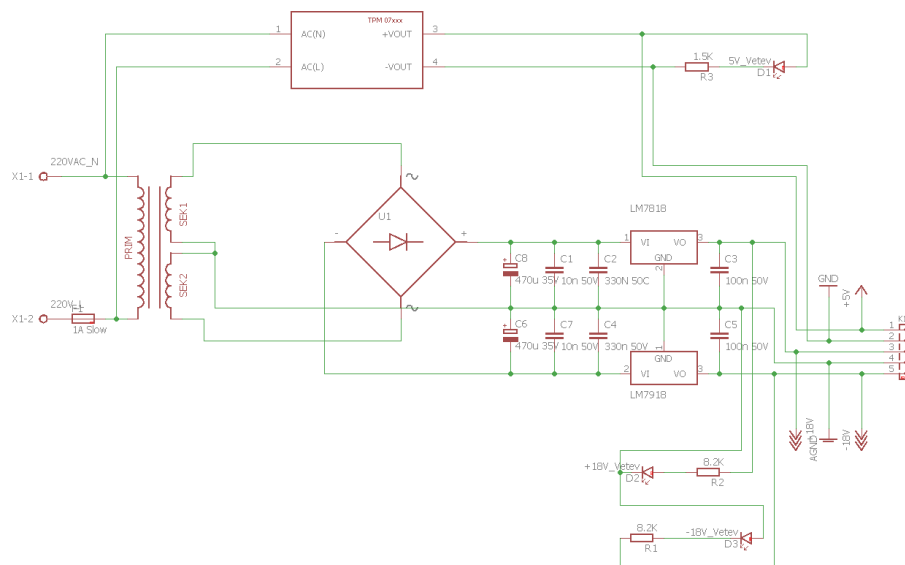
Další částí napájecího obvodu je zdroj symetrického napětí ± 18 V. Ten je tvořen za pomoci transformátoru se dvěma sekundárními vinutími, usměrňovacího můstku, stabilizátoru kladného a záporného napětí (+18 V – LM7818, -18 V – LM7918), kondenzátorů pro vyhlazení napětí. Kapacitu takového kondenzátoru jsem zvolil $C = 470 \mu\text{F}$, další kondenzátory jsou dle katalogového zapojení. [13]

V obvodu jsou také zakomponovány indikační LED signálky, pro detekci napětí na výstupu každé z větví.

Celý obvod je zakončen konektorem pro propojení s měřicí deskou. Konektor má následující zapojení:

Tabulka 1 Rozložení pinů na konektoru napájecí desky

Pin č.	Funkce
1	+ 5 V
2	GND
3	+ 18 V
4	Analog GND
5	- 18 V



Obrázek 7 Schéma napájecí desky

Celá deska je napájena síťovým napětím 230 V 50 Hz, síťové napájení je přivedeno na šroubovací konektor typu ARK 350 (od společnosti WAGO) a jištěno tavnou trubičkovou pojistkou typu „Slow-blow“ o hodnotě 0,5 A.

3.1.4 Řídicí část

Logickou a řídicí částí byl zvolen vývojový embedded kit STM32 F7 Discovery společnosti STMicroelectronics, zmíněné zařízení disponuje 4,3“ dotekovým displejem, 14 digitálními vstupně výstupními piny a 6 analogovými vstupy. Vývojový kit obsahuje 12 bitový A/D převodník, který využíváme k měření napětí. Referenční napětí je pevně nastavené na desce na 3,3 V.

Zařízení dále pomocí digitálních výstupů spíná jednotlivé adresní vstupy na multiplexorech (A0, A1) a jejich povolovací vstupy (EN), čímž dochází k výběru jednotlivých článků.

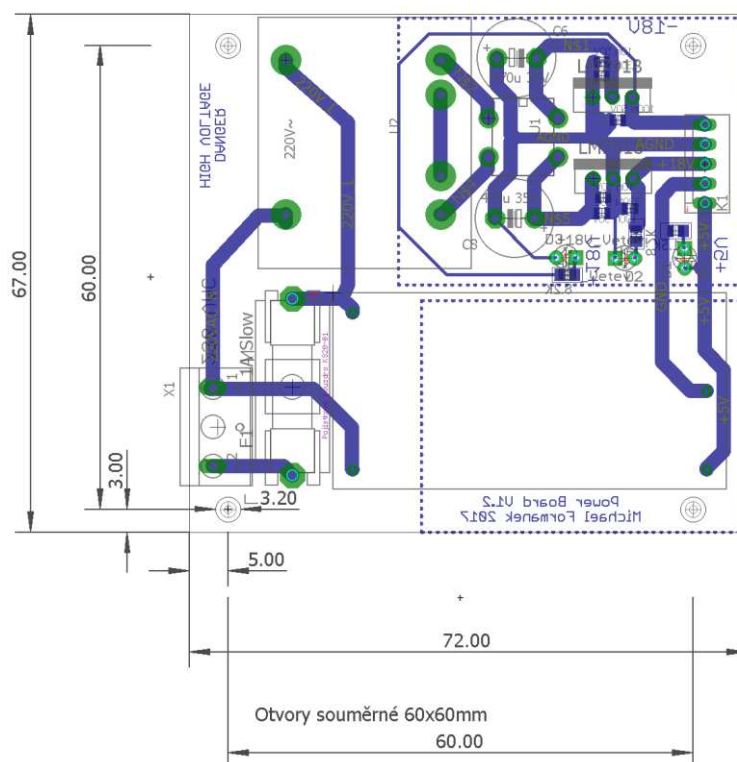
Součástí je také vlastní paměť (velikosti 128 Mbit), do které se budou zapisovat naměřené hodnoty během testu a poté budou exportovány.

Podrobný popis programu je uveden v části 3.3 Programové vybavení

3.1.5 Návrh desky plošných spojů

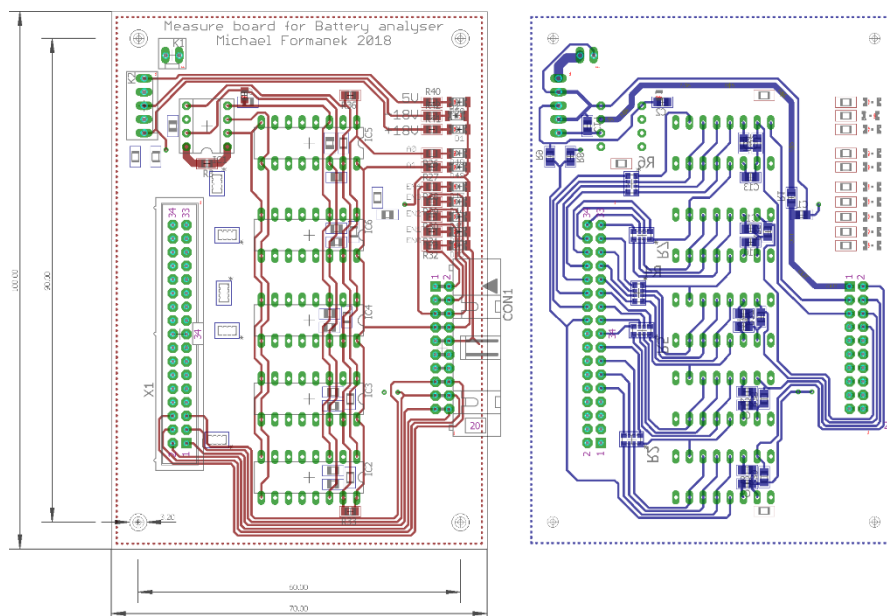
Celý návrh byl vytvořen v prostředí program EAGLE

Napájecí obvod je umístěn na jednovrstvé desce plošných spojů velikosti 72x67 mm se čtyřmi úchytnými otvory (umístěné souměrně ve čtverci 60×60 mm).



Obrázek 8 Deska plošných spojů – napájecí modul

Měřicí obvod byl navrhnut na dvouvrstvou obvodovou desku o rozměrech 60 × 100 mm, tato deska je také vybavena 4 úchytnými otvory, je vybaven dvojicí konektorů pro distribuci napájení a ke zbytku systému se připojuje dvojicí konektorů na ploché kabely.



Obrázek 9 Deska plošných spojů – měřicí obvod (Horní a spodní strana)

3.2 Konstrukce zařízení

Vyrobené desky plošných spojů a řídicí kit STM32F7 Discovery jsou umístěny v plastové montážní krabici. Pro připojení napájení a periférií slouží trojice cirkulárních konektorů a jeden USB port (konektory P1 až P4).

3.2.1 Popis jednotlivých konektorů

3.2.1.1 Napájecí konektor „P1“

Napájecí konektor byl zvolen od firmy Neutrik typ NAC3MPX. Tento konektor slouží jako napájecí pro jednofázovou soustavu s maximálním zatížením 16 A. V kombinaci s použitím gumové krytky (SCNAC-MPX) disponuje krytím IP65.

Konektor disponuje třemi piny označenými „L“, „N“ a symbolem uzemnění. Dle popisku jsou na ně připojeny vodiče síťového kabelu.



Obrázek 10 Napájecí konektor P1 [14]

3.2.1.2 Datový konektor „P2“

USB konektor byl volen rovněž od firmy Neutrik (NAUSB-W), jedná se o panelový konektor USB A – USB B, který je, v našem případě, vybaven stejnou gumovou krytkou a disponuje tak krytím IP65.



Obrázek 11 Datový konektor P3 [15]

3.2.1.3 Měřicí konektory „P3“ a „P4“

Konektory P3 a P4 byly voleny od firmy AMP – TE Connectivity. Jsou to cirkulární konektory s piny typu „D-SUB“, v našem případě vkrimpovacím provedení. Takové piny můžeme libovolně extrahovat z konektoru v případě potřeby, bez nutnosti letování. Piny typu D-Sub jsou vyrobeny z Niklu se zlatým plátováním. To je činí velmi odolné vůči korozi. Konektor splňuje krytí, pouze je-li zapojen nebo jinak zakryt, proto jsou oba konektory (P3, respektive P4) vybaveny zátkou, kterou je nutno použít vždy, když není konektor využíván. Na tento fakt je proto v uživatelské příručce kladen velký důraz.

Konektor P3 je 9místný cirkulární konektor s bajonetovým závitem v provedení do panelu, s velikostí pouzdra 11 p/n:206486-1, protikus je v provedení „na kabel“ a jeho číslo části je: 206485-1.



Obrázek 12 Konektor P3 – panel [16]



Obrázek 13 Konektor P3 – kabel [17]

Konektor P3 slouží pro měření baterie prostřednictvím jednobáňového vstupu, tedy hlavně pro olověné články. Dále je prostřednictvím konektoru P3 vyveden vstup pro tepelný senzor a napájení pro tento senzor. Pro účely stahování dat z měření, je na konektoru vyvedena sériová linka typu „UART“. Rozložení jednotlivých pinů na konektoru je uvedeno v tabulce níže.

Tabulka 2 Rozložení pinů na konektoru P3

Číslo pinu	Směr komunikace	Funkce
1	OUT	UART Tx
2	IN/OUT	Teplotní senzor Data
3	---	N/C
4	IN	14/28 V In
5	OUT	3,3 V Napájení
6	---	GND
7		N/C
8		N/C
9	IN	UART Rx

P4 je 28místná verze pouzdra velikosti 17, její číslo části je: 205840-3, protikus opět tvoří verze konektoru v provedení na kabel (p/n: 205839-3).



Obrázek 14 Konektor P4 - panel [18]



Obrázek 15 Konektor P4 - kabel [19]

Skrze konektor „P4“ je přiváděno napětí k 20 kanálovému měření a analýze, dále je zde vyveden vstup pro snímač teploty včetně potřebného napájení a tři vstupy pro rozšíření. Rozložení jednotlivých vstupů je rozepsáno v tabulce číslo 3.

Tabulka 3 Rozložení pinů na konektoru P4

Č. Pinu	Směr	Funkce	Č. Pinu	Směr	Funkce
1	IN	Článek 1 +	15	IN	Článek 15 +
2	IN	Článek 2 +	16	IN	Článek 16 +
3	IN	Článek 3 +	17	IN	Článek 17 +
4	IN	Článek 4 +	18	IN	Článek 18 +
5	IN	Článek 5 +	19	IN	Článek 19 +
6	IN	Článek 6 +	20	IN	Článek 20 +
7	IN	Článek 7 +	21	IN	Záporný pól baterie
8	IN	Článek 8 +	22		N/C
9	IN	Článek 9 +	23	---	GND
10	IN	Článek 10 +	24	IN/OUT	Teplotní senzor data
11	IN	Článek 11 +	25	OUT	3,3V Napájení
12	IN	Článek 12 +	26		Rozšíření 1
13	IN	Článek 13 +	27		Rozšíření 2
14	IN	Článek 14 +	28		Rozšíření 3

3.2.2 Vnitřní uspořádání zařízení

Uvnitř plastové krabice se nachází měřicí, napájecí deska plošných spojů a modul hodin reálného času. Tyto komponenty jsou pevně přišroubovány ke dnu této krabice. Propojení mezi jednotlivými komponentami je provedeno pomocí kabelů a kabelových svazů. Jednotlivé kabelové svazky jsou svázány pomocí voskového provázku (tzv. Lacing tape) nebo pomocí plastových stahovacích pásek.

Uspořádání kabelových svazků je zajištěno pomocí samolepících příchytěk umístěných na stěnách instalační krabice. K těmto příchýtkám jsou, opět pomocí voskového provázku nebo plastových pásek, uchyceny kabelové svazky tak, aby se zamezilo jejich nadměrnému pohybu a tím opotřebení vodičů.

Blokové schéma zařízení je přiloženo jako příloha č.16.

3.2.3 Kalibrace zařízení

Zařízení lze kalibrovat pouze změnou konstant v jádru programu. Kalibrace tedy není přístupná uživateli.

Kalibrace vstupu pro jednokanálové měření je upravována hodnotami „P3_offset“ pro korekci posuvu nuly a „P3_multiply“ pro korekci multiplikativní chyby vstupující do měřeného obvodu. Tyto konstanty však slouží pouze pro drobné korekce, hlavní přepočítání napětí z A/D převodníku na reálnou hodnotu je provedeno násobením standardizované hodnoty z A/D převodníku konstantou odpovídající

přesnému poměru odporů napětového děliče (v našem případě je hodnota napětí z A/D převodníku násobena konstantou 10,89.

Teoretický dělicí poměr napětového děliče byl vypočítán následovně:

$$V_{OUT} = V_{IN} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 36 * \frac{1K}{10K + 1K} = 3,273V \quad (2)$$

$$x = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = 11[-] \quad (3)$$

V praxi se ale projeví nepřesnosti hodnot použitých rezistorů, a tak byl převodový poměr zkontrolován experimentálně a upraven dle naměřených hodnot. Následně bylo provedeno měření, jehož výsledkem je korekční křivka, která je k nalezení jako příloha číslo 14.

Stejným způsobem byla provedena kalibrace na měřícím vstupu 20 kanálového měření na konektoru „P4“. Zde byla korekční křivka měřena pouze jednou na každý multiplexor, tedy při přepnutí na články 1, 6, 11, 16 a 20. Tyto články byly zvoleny z důvodu změny kódových vstupů. Vzhledem k minimálním odchylkám nebylo nutné vytvářet korekční křivky pro všechny ostatní kanály, neboť měřící mechanismus je stále stejný, mění se pouze cesta napětí k A/D převodníku.

3.2.4 Přesnost měření

Bateriový analyzátor tedy pracuje se dvěma vstupy pro měření. První vstup napětí jde skrze konektor „P3“ a slouží pro měření olovených baterií o nominálním napětí 14 a 28 V. Tento měřící vstup má následující parametry:

Tabulka 4 Parametry měřícího vstupu P3

Měřící rozsah	0–36,00 V
Rozlišení	0,01 V
Počet vstupů	1

Druhým měřícím vstupem je vstup na konektoru „P4“. Tento vstup jde skrze měřící desku, kde je přepínám sérií multiplexorů do přístrojového zesilovače. Korekční křivka vstupu je uvedena v příloze 15. Výstup zesilovače je poté měřen A/D převodníkem. Měřící vstup na konektoru „P4“ má následující vlastnosti:

Tabulka 5 Parametry měřícího vstupu P4

Měřící rozsah	0 – 2,000 V
Rozlišení	0,001 V
Počet vstupů	20

3.3 Programové vybavení

3.3.1 Vývojové prostředí

Pro tento projekt bylo pro desku STM32F746G vybráno vývojové prostředí „Visual Studio Code“ s rozšířením „PlatformIO“, které je univerzální pro celou řadu Embedded zařízení. PlatformIO pro STM 32F7 podporuje framework „mbed“, který je psaný pro jazyk C/C++ a je rozšířen o nativní funkce sloužící k obsluze Embedded zařízení. Do rozšíření PlatformIO byly dále instalovány obslužné knihovny pro naše konkrétní zařízení (Obsluha dotekové obrazovky, seriové porty, komunikační sběrnice atp.).

3.3.2 Koncepce programu

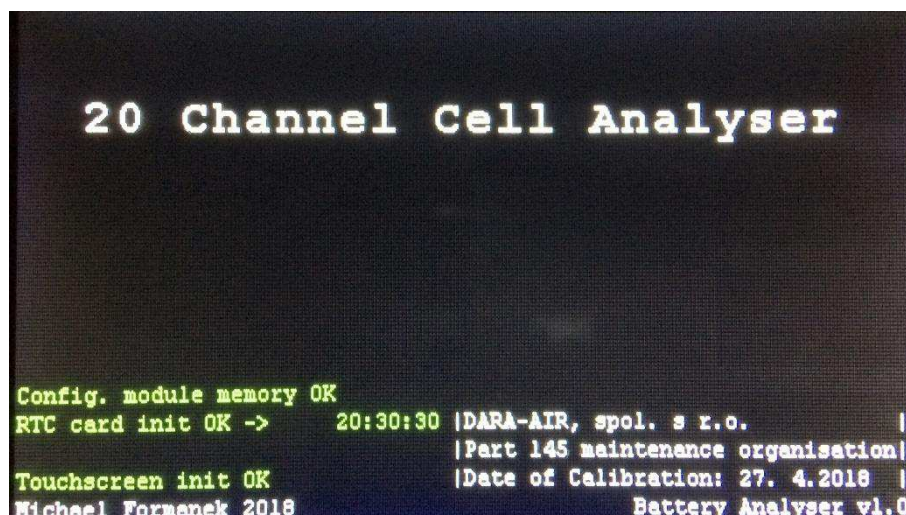
Obslužný program v zařízení je koncipován jako stavový automat.

Nastavení jednotlivých předvoleb (Mód údržby, přednastavení limitních hodnot, vlastností aktuálně testované baterie atp.) jsou ukládány jako globální proměnné, neboť různé části programu je mohou různě ovlivňovat a/nebo z nich vycházet. Příkladem je nastavení módu údržby baterie, který určí uživatel v „Menu“ a v závislosti na nastaveném módu jsou zobrazeny na hlavní stránce relevantní informace.

Kompletní hierarchii uživatelského prostředí a rozložení jednotlivých položek menu je možné prohlédnout v diagramu prostředí (příloha 13)

3.3.2.1 Úvodní strana

Úvodní strana poskytuje uživateli základní informace o přístroji, výsledky interních testů a datum poslední kalibrace. Z úvodní strany přístroj přejde během 5 vteřin sám na hlavní stranu, nebo je možné tento interval přeskočit dotekem alespoň dvou prstů na obrazovku.



Obrázek 16 Úvodní strana

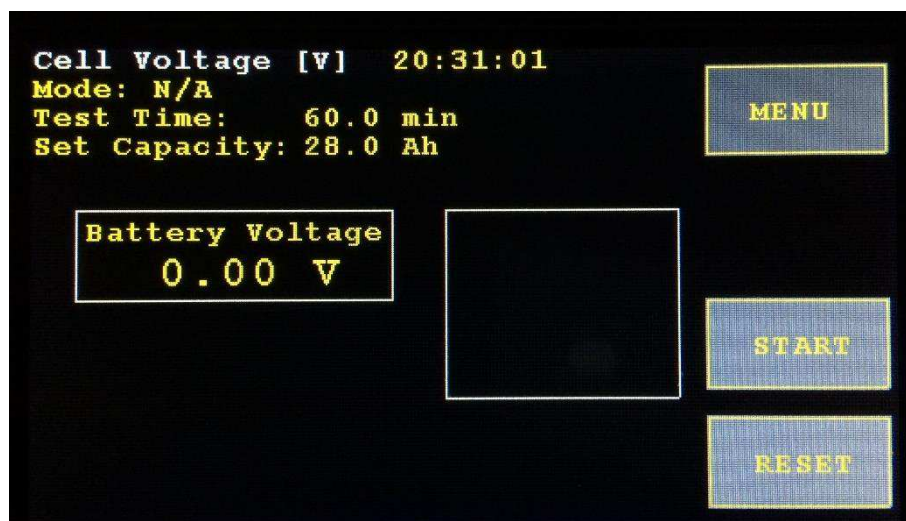
Interní testy se vyhodnocují na základě návratových hodnot jednotlivých inicializačních funkcí (inicializace dotekové obrazovky a Real Time Clock modulu) anebo přečtením hodnoty uložené na specifické adrese a porovnání s očekávanou hodnotou. Pokud jsou shodné, tak je vše v pořádku. Tento postup je použit na otestování přítomnosti a nepoškozenosti EEPROM paměti.

RTC modul, mimo vyhodnocení inicializace dle návratové hodnoty funkce, provede přečtení aktuálního času, aby uživatel mohl zhodnotit, zda je nastaveno správné časové pásmo nebo zda nedošlo k chybě například na záložní baterii.

Datum kalibrace a kalibrace samotná je měněna výhradně za pomoci programovacího kabelu a vývojového prostředí. Cíleně zde není umožněno měnit parametry nastavení vstupů a převodů měřených veličin uživatelem, a tím pádem ani možnost měnit zadané datum poslední kalibrace.

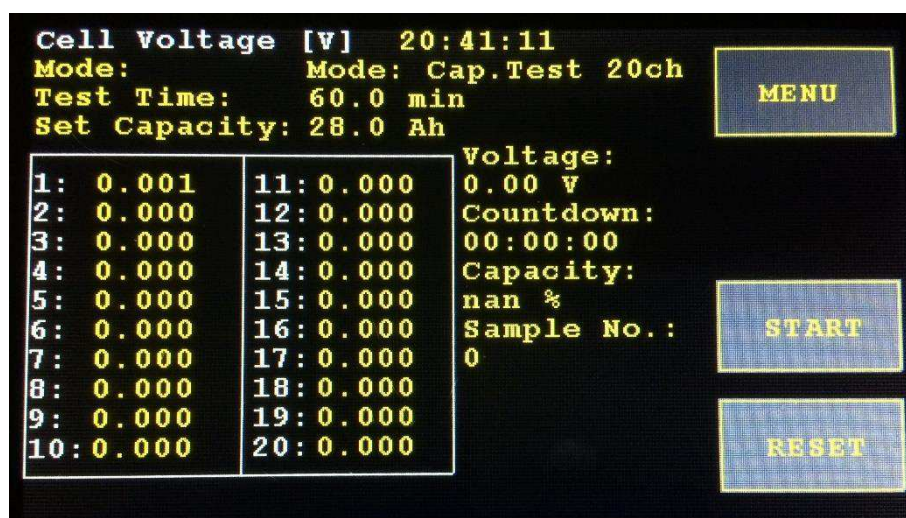
3.3.2.2 Hlavní strana

Zde uvidí uživatel všechny hlavní informace o probíhajícím testu nebo aktuálně připojené baterii. Nejprve je však nutné přejít skrze ovládací tlačítka na levé straně do „Menu“, dále pak stisknutím tlačítka „Log“ na stranu „Logger properties“ a vybrat zde příslušný mód. Tím se automaticky nastaví příslušný vstup (olověné baterie nebo 20 kanálové měření), nastaví se časovače a také se příslušně promění úvodní strana.



Obrázek 17 Hlavní strana – nevybrán režim

Právě díky zvolení příslušného módu uvidí uživatel na hlavní straně buď přehled nad každým z 20 článků (mód 20 kanálového sledování nabíjení nebo testu kapacity) nebo naopak zobrazení celkového napětí olověné baterie.



Obrázek 18 Hlavní strana – Režim testu 20 článkové baterie

Hlavní strana také nabízí, jak bylo zmíněno výše, přechod do uživatelského „menu“ a možnost spustit proces záznamu dat. To vše skrze virtuální tlačítka v levém kraji obrazovky.

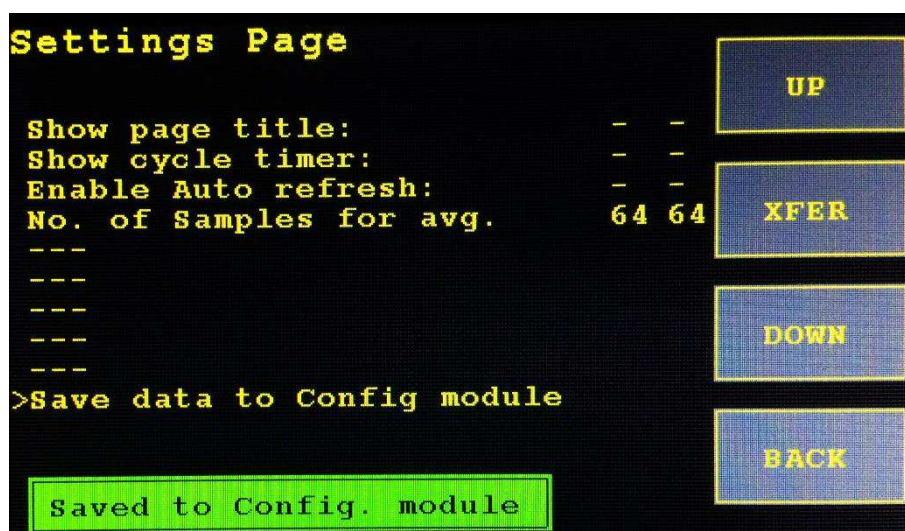
3.3.2.3 Uživatelské „Menu“

Po stisknutí virtuálního tlačítka „Menu“ na úvodní obrazovce se uživatel dostane na stránku umožňující přechod do různých částí programu. Tlačítko „Set“ slouží pro přechod na stránku „Device Settings“, kde uživatel nastavuje interní parametry zařízení. Tlačítko „Log“ dostane uživatele na stránku zabývající se nastavením parametrů záznamu dat během procesu diagnostiky baterie. „Maint.“

Tlačítko přesune uživatele na stránku údržby, kde může bez jakýchkoliv ochran ovládat výstupy zařízení a sledovat co aktuálně zařízení „čte“ na svých vstupech. Poslední tlačítko „BACK“ dostane uživatele o stránku zpět, tedy na hlavní obrazovku.

3.3.2.4 Device settings

Tato obrazovka slouží pro nastavení zařízení a jeho funkcí. Jednotlivé položky jsou vypsané v seznamu pod sebou a jejich výběr se provádí pomocí tlačítek „UP“ a „DOWN“ v pravé části displeje. Aktuálně vybraná položka je indikována pomocí kurzoru na začátku řádku. Jednotlivé možnosti jsou buďto dvoustavové a tlačítkem „CHANGE“ provede uživatel záměnu jednotlivých stavů, nebo může jít o cyklicky se měnící nastavení, kde uživatel opakovaným stisknutím tlačítka „XFER“ mění možnosti, které se dokola opakují. Aktuálně zvolený stav dané položky je indikován dále na řádku pomocí znaků „X“ – pravda a „-“ – nepravda. V druhém sloupci je pak zobrazena aktuálně nastavená hodnota v konfiguračním modulu, tedy hodnota, která je aktuálně uložena v paměti zařízení.

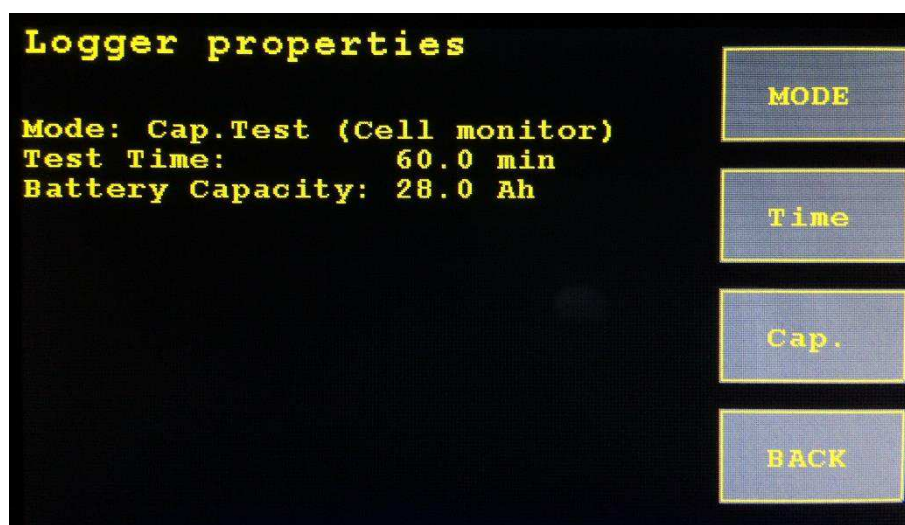


Obrázek 19 Strana nastavení zařízení

Další vlastností této stránky nastavení je, že veškeré hodnoty zde nastavené, může uživatel uložit do paměti konfiguračního modulu. To znamená, že se nastavení načte při každém spuštění takové, jaké si uživatel zde navolil. Uložení dat se provádí přesunutím kurzoru na poslední položku „Save data to config. module“ a potvrzení virtuálním tlačítkem „CHANGE“. Po uložení dat je uživateli zobrazena informace, zda bylo uložení úspěšné a poté je provedeno opětovné načtení celé strany, nyní již s aktuálně uloženými hodnotami nastavení v konfiguračním modulu.

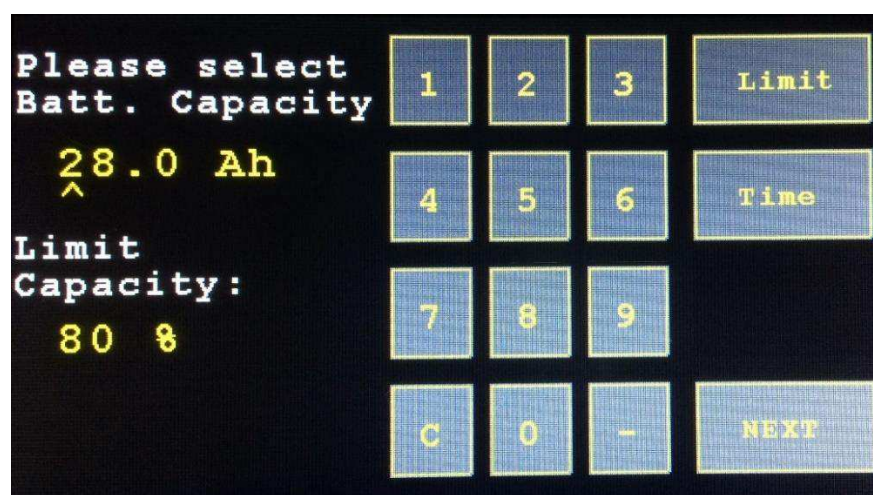
Stisknutím virtuálního tlačítka „BACK“ dojde opět k přechodu o stránku zpět.

3.3.2.5 Logger properties



Obrázek 20 Strana nastavení záznamového zařízení

Strana Logger properties umožňuje uživateli zvolit mód ve kterém bude zařízení pracovat (test kapacity, monitoring nabíjení). Dále se zde nastavují parametry testované baterie – nominální kapacita (v Ampérhodinách), minimální výsledná kapacita dle výrobce (v procentech) a délka testu kapacity (v minutách).



Obrázek 21 Strana nastavení záznamového zařízení – volba kapacity. Hodnota kapacity a délka testu je zadávána prostřednictvím numerické klávesnice na displeji. Ostatní hodnoty jsou zadávány opakovaným stisknutím tlačítka „MODE“ (Obrázek 20) nebo „Limit“ (obrázek 21).

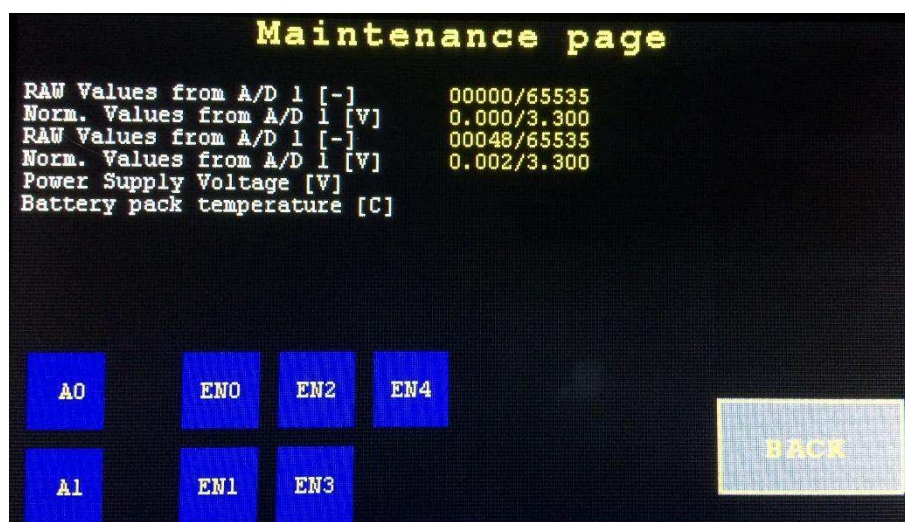
3.3.2.6 Maintenance Page

Tzv. stránka údržby slouží pro potřeby řešení problémů se zařízením a diagnostiku. Tato strana umožňuje obsluhu číst aktuální data z A/D převodníků a to jako výstupní hodnotu A/D převodníku nebo hodnotu po normalizaci. Dále stránka

umožňuje ručně ovládat všechny digitální výstupy (povolovací a kódovací vstupy multiplexorů). Zde je ale třeba obezřetnosti (a je na to upozorňováno v návodu na obsluhu), protože jsou vyřazeny veškeré ochrany, které zabraňují vzniku hazardního stavu na multiplexorech. Například souběžné zapnutí dvou a více multiplexorů (pro tento případ je ale měřicí deska vybavena přepětovou ochranou).

Digitální výstupy jsou ovládány dotekem na virtuální tlačítka. Tato tlačítka také indikují aktuální stav svým zbarvením (žlutá – výstup je v logické 1, modrá – výstup je v logické 0).

Maintenance page nevyužívá globálních funkcí programu, ale má své vlastní. Tyto funkce jsou často bez zabezpečení, proto je třeba používat stranu „Maintenance Page“ se zvýšenou obezřetností.



Obrázek 22 Diagnostická strana

Stisknutím virtuálního tlačítka „BACK“ se opět dostaneme o stránku zpět.

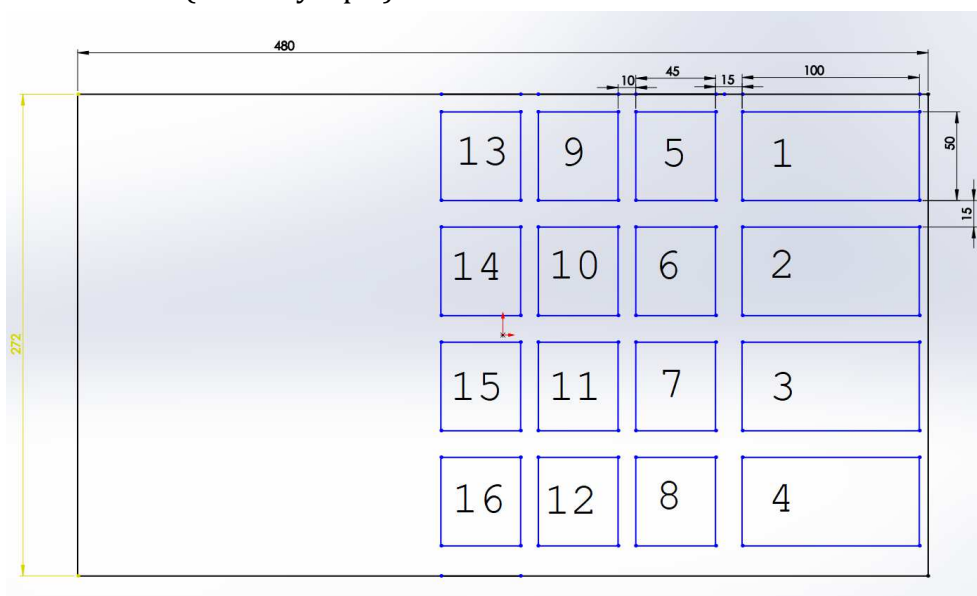
3.3.3 Pomocné funkce programu

3.3.3.1 Virtuální tlačítka – detekce

Na začátku každého cyklu programu je, jako jedna z prvních, volána funkce vracející souřadnice x a y prvního detekovaného dotyku. Funkce vícenásobného dotyku (je možno až 5 současně) je cíleně blokována. Pokud funkce nezaznamená na začátku běhu programu žádný dotyk, zůstávají hodnoty x a y rovny 0. Souřadnice x a y jsou ukládány jako globální proměnná typu „uint16“.

Tlačítka na dotekovém displeji jsou obsluhována ve funkci „Button_Pressed“, která je v programu volána v případě potřeby. Funkci jsou při volání předány souřadnice x a y detekovaného dotyku.

Funkce funguje tak, že má nadefinovány oblasti, kde mohou být tlačítka, tyto oblasti tvoří určité mantinely, a je dále porovnáváno, zda funkcí přijaté souřadnice splňují podmínky pro nějaké tlačítko. Nejprve se porovnává souřadnice y (vertikální směr), poté až souřadnice x. Pokud přijaté souřadnice splňují tyto podmínky a funkce projde do podmínky odpovídající danému virtuálnímu tlačítku, ověřuje se o jaký typ akce šlo (stisknutí / uvolnění / obyčejný kontakt / žádná akce). Tato poslední podmínka ověří, zda se jednalo o obyčejný dotek. Pokud ano, dojde k resetování interního čítače „timer_lock“ a k přerušení funkce s návratovou hodnotou odpovídající indexu tlačítka. Rozložení tlačítek, jejich polohu a indexy, lze vidět na obrázku níže (rozměry v px.).



Obrázek 23 Rozložení virtuálních tlačítek

Aby se zabránilo několikanásobnému stisknutí tlačítka v průběhu pár milisekund, tzv. „zákmitům“, je funkce vybavena blokací tlačítka. Interní blokování tlačítka způsobí, že další akce (návratová hodnota z funkce jiná než 0) může proběhnout nejdříve po uplynutí zadané doby. Testováním se dospělo k hodnotě 250 ms. Podmínka „uvolnění“ funkce je první testovaná, pokud tedy ještě nedošlo k uplynutí nastavené doby (250 ms). Funkce okamžitě vrací návratovou hodnotu 0 nezpomaluje tak chod celého procesu procházením jednotlivých podmínek.

Funkce je řešena tímto způsobem, neboť je možné si ji zavolat odkudkoliv a dotazovat se pouze na ta tlačítka, která nás zajímají.

3.3.3.2 Virtuální tlačítka – vykreslení

Za účelem zobrazení tlačítek byla také vytvořena funkce, hlavně z důvodu standardizace umístění tlačítka vzhledem k aktivní dotekové ploše.

Tlačítka se tedy v programu volají s následujícími parametry: Index označující jeho pozici a požadovaný text vykreslený v tlačítku.

Druhá varianta je pak numerická klávesnice, která je volána jako komplexní funkce, která zajistí vykreslení všech dílčích tlačítek, jejich popisek a návratová hodnota funkce „NumKeyboard“ odpovídá stisknutému tlačítku. V rámci zachování jednoduchosti je zde integrováno vykreslování a detekce tlačítka do jediné funkce.

3.3.3.3 Hodiny reálného času a konfigurační modul

Pro účely označení každého měření aktuálním datem a časem je zařízení vybaveno RTC⁵ modulem typu DS1307. Jedná se o bateriově zálohovaný modul komunikující po I²C sběrnici. Modul poskytuje údaje o čase, datu a dnu v týdnu a je nastaven na 24 hodinový formát. Dále disponuje, rovněž bateriově zálohovanou, pamětí typu SRAM. Tato paměť je v programu použita pro ukládání uživatelských hodnot nastavení, aby zůstávaly na svých hodnotách i po odpojení zařízení od napájení, kdy dojde ke ztrátě všech dat z paměti RAM, se kterou se standardně pracuje.

3.3.3.4 Snímání teploty baterie

K tomuto účelu byl vybrán digitální teploměr DALLAS DS18B20, který má rozsah měření od -55 °C do +125 °C s nastavitelnou přesností. Pro naše účely bylo vybráno nejmenší, 9 bitové, rozlišení (0,5 C). Pro účely monitorování teploty baterie, je rozlišení 0,5 C plně dostačující, a naopak nezpomaluje program (doba měření je přibližně 93 ms).

Digitální teploměr byl vybrán z důvodu jednoduchosti použití. Není zde nutné počítat s vlivy okolí, délkou vedení atp. Snímač je napájen 3,3 V a po jednom datovém vodiči obousměrně komunikuje s řídicí jednotkou. Napájení a datový vodič je paralelně přiveden do konektorů P3 a P4, tudíž je tato možnost snímání dostupná ve všech režimech analýzy. Pokud není připojen žádný teploměr, hodnota teploty v interních proměnných nabývá hodnoty -100. Tuto hodnotu následovně vyhodnocovací skript načte jako „Teplota neměřena“.

Měření teploty probíhá cyklicky během celého běhu programu, a to jednou za 10 vteřin. Hodnota naměřené teploty je zaznamenávána do pole „Volt“ jako hodnoty napětí viz kapitola 3.3.4.5.

⁵ Real Time Clock, neboli hodiny reálného času, je bateriově zálohované zařízení, které nepřetržitě 24 hodin denně běží a poskytuje po sběrnici informaci o aktuálním čase.

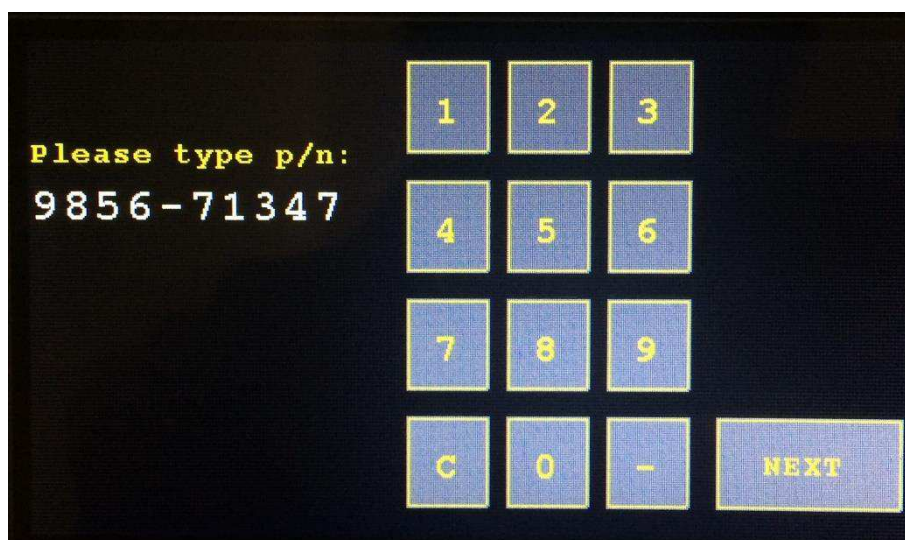
3.3.4 Záznamový proces

V momentě, kdy uživatel na stránce „Logger properties“ vybere režim analýzy akumulátoru, zvolí vlastnosti testovaného akumulátoru a parametry testu, může na hlavní straně vidět aktuální data připojené baterie.

3.3.4.1 Spuštění procesu

Po stisknutí virtuálního tlačítka „Start“ provede program uživatele skrze nastavení a vyzve jej k zadání jedinečných údajů testované baterie (výrobní číslo a číslo části), které budou poté pevně spjaty s výsledky měření, a budou s těmito výsledky zaznamenány v protokolu.

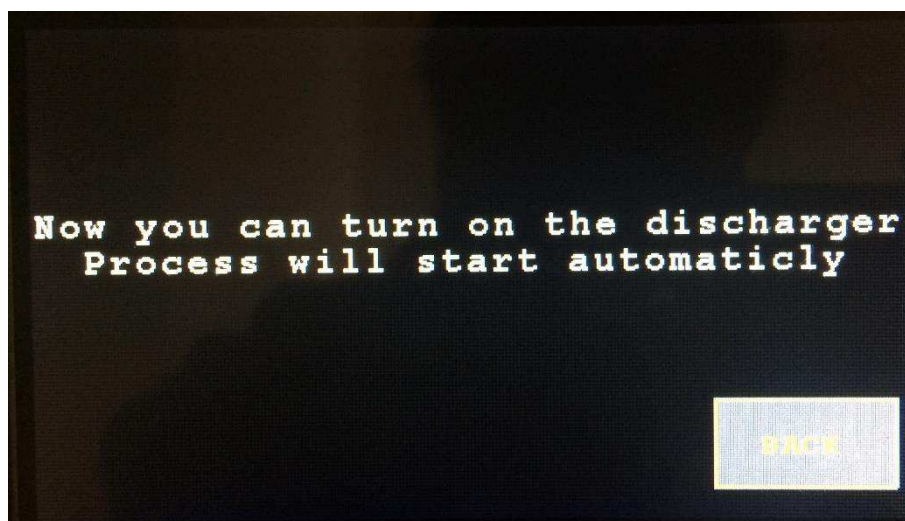
Uživatel je tedy vyzván k zadání sériového čísla a čísla části pomocí numerické klávesnice na displeji. Obě hodnoty mají maximální délku 10 znaků. Programově se jedná o 10 prvkové pole typu „char“, kde uživatel zadává znak po znaku, po každém zadání jednotlivého písmene, dojde k automatickému posuvu „kurzoru“ o jedno místo doprava. Pokud je kurzor již na konci (10. prvek) dojde k jeho přesunu zpět na začátek a vložený text se začne přepisovat. Uživatel, v případě chybného zadání, má možnost provést celkovou opravu, a to stisknutím tlačítka „C“. Dojde k naplnění celého pole znaky mezery „ “ a přesunutí ukazatele na první místo pole. Své zadání uživatel potvrdí stisknutím virtuálního tlačítka „NEXT“.



Obrázek 24 Příklad zadávání čísla části testované baterie

Pokud uživatel zvolil režim testu kapacity, a zároveň jsou zadána všechna příslušná data, dojde po stisknutí tlačítka „NEXT“ k přechodu na „vyčkávací stránku“. Ta byla vytvořena za účelem zjednodušení obsluhy, tedy aby nemusel uživatel/operátor spouštět dvě zařízení zároveň (jak analyzátor, tak elektronickou zátěž). Jakmile se uživatel dostane na vyčkávací stránku, je vyzván aby zapnul elektronickou zátěž. V momentě, kdy tak učiní, způsobí zátěž na baterii napětíový

pokles, na který analyzář čeká. V momentě detekce poklesu většího než 0,5 V dojde automaticky ke spuštění procesu záznamu dat.



Obrázek 25 Strana automatického spuštění procesu záznamu

Analyzář bere v úvahu pokles o 0,5 V mezi referenčním napětím načteným v době stisku tlačítka „START“ na hlavní straně a napětím aktuálním.

Automatiku lze ale obejít, a to stiskem virtuálního tlačítka „START“. V případě nutnosti přerušit test se uživatel, po stisknutí tlačítka „BACK“, dostane zpět na úvodní stranu.

Jakmile ale dojde ke spuštění procesu (automatika zareagovala na napěťový pokles, nebo zasáhnul uživatel), program přejde do stavu Process started.

Dojde k zapsání aktuálního času interního timeru (ActualTime) do proměnné „ProcessTime“. Vzájemným porovnáváním těchto hodnot pak program zobrazuje čas uplynulý (v případě nabíjení) anebo čas zbývajcí (v případě testu kapacity). Čas je interně předáván ve vteřinách, a pro účely zobrazení slouží funkce „Time_format“, která je volána s parametrem celkového počtu vteřin a nemá návratovou hodnotu, ale ukládá do globální proměnné. Tato globální proměnná „hhmmss[]“ je pole o čtyřech prvcích, obsahující čas převedený na hodiny, minuty a vteřiny, posledním prvkem je opět čas uvedený ve vteřinách, tedy ve stejném formátu, jak byl do funkce předán. Tento poslední parametr je poté ukládán do logu jako časové razítko.

Dále při přechodu do stavu číslo 6 dojde k okamžitému zapsání aktuálních hodnot napětí do logu.

3.3.4.2 Proces záznamu dat

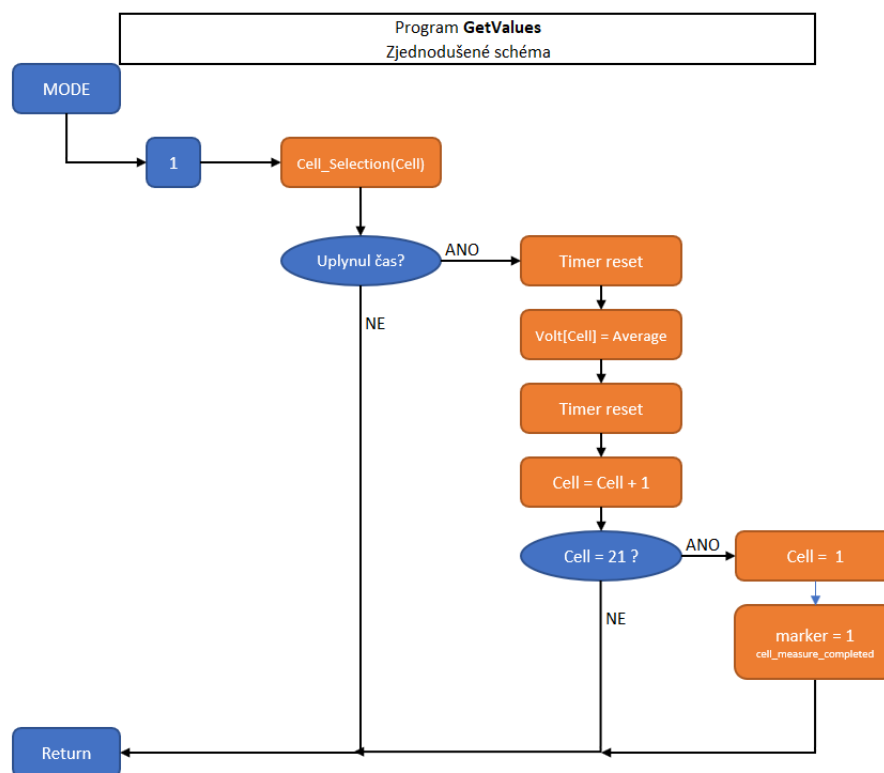
Jakmile je spuštěn proces analýzy baterie, je aktivní stav 6 „Process Started“. Ten cyklicky volá funkci „GetValues“. Tato funkce má rozdílné chování v závislosti

na zvoleném režimu analýzy (20 kanálový vstup / jednocanálový vstup / nabíjení / vybíjení).

Základním režimem funkce „GetValues“ je 20 kanálový test kapacity. Další režimy jsou pouze variací tohoto režimu.

Funkce prochází jeden článek po druhém a to tak, že dojde k selekci požadovaného článku (funkce „Cell_Selection(cell)“) a čeká se na uplynutí přednastaveného času. Jakmile čas uplyne (hodnota časovače je větší než limit) dojde k zapsání hodnoty napětí na aktuálním článku pomocí funkce „Average“. Návrátová hodnota této funkce (aktuální napětí zvoleného článku) je uložena do pole „Volt“ obsahující aktuální hodnoty napětí na všech člancích, tohle pole je neustále aktualizováno a také právě tohle pole je zobrazováno na obrazovce. Dále dochází k inkrementaci aktuálně zvoleného článku, a nakonec dojde k resetování časovače. Taková posloupnost byla zvolena za účelem ustálení napětí po přepnutí zvoleného článku předtím, než dojde k odečtení hodnoty napětí. V momentě kdy hodnota proměnné „cell“ je rovna 21 (po poslední inkrementaci), dojde k nastavení interního markeru (dvojstavová proměnná „cell_measure_completed“) a proměnná „cell“ je naplněna hodnotou „1“, aby mohlo měření pokračovat od začátku.

Interní marker slouží pro přenesení informace, že bylo naměřeno všech 20 článků a pole aktuálních hodnot je kompletní a připraveno k zápisu. Zjednodušené schéma je viditelné na obrázku níže.



Obrázek 26 Zjednodušené schéma funkce "GetValues"

Funkce „Average“ je volána kdykoliv, kdy je požadavek na přečtení aktuálního napětí na daném vstupu. Požadovaný vstup je volen automaticky dle hodnoty zvoleného režimu analýzy. Funkce čte hodnoty z A/D převodníku opakovaně a navrátí průměr normalizované hodnoty. Množství opakování si volí uživatel v „Device Settings“ v rozsahu 2× až 64× (základní hodnota průměrování je 16×).

Jakmile je dokončen cyklus měření všech 20 článků, je aktivní marker „cell_measure_copleted“. Tento marker je zachycen uvnitř stavu číslo 6 podmínkou, uvnitř které dojde k volání funkce „LogData()“ a nastavení markeru zpět na 0.

Funkce LogData provede zápis podružných hodnot do pole „Volt“. Pole „Volt“ obsahuje hodnoty napětí na článku 1-20, a dále je do nich přidána informace o pořadovém čísle načteného vzorku (MeasureNo), délce trvání aktuálního procesu ve vteřinách, aktuální teplotě baterie a zadané době trvání testu. Jakmile je pole hodnot připraveno, dojde pomocí cyklu for k nakopírování hodnot do pole určeného pro dočasné ukládání hodnot na řádek odpovídající aktuálnímu vzorku (hodnota proměnné „MeasureNo“). Takové 2D pole (Log_arr) má stejný rozměr jako pole „Volt“, ale každý řádek pole reprezentuje jeden vzorek. Základně je naalokováno pole pro 1000 vzorků.

3.3.4.3 Proces záznamu dat – rozdíly mezi režimy

Výše bylo zmíněno, že základem je režim měření kapacity 20 kanálového vstupu. Úpravy pro ostatní režimy se týkají pouze zvoleného vstupu (to ale obsluhuje samotná funkce „Average“) a časování přepínání mezi jednotlivými články.

Režim záznamu testu kapacity čeká 500 ms před přepnutím na další článek. Celý cyklus tak trvá 10 vteřin, což odpovídá 360 záznamům na jeden standardní test kapacity o délce trvání 60 minut. Pokud je zvolen režim testování kapacity oloveného akumulátoru (1 kanálové měření) je čas násoben 20, aby bylo docíleno stejné doby vzorkování (měříme pouze 1×, nikoli 20×).

Pro potřeby monitorování nabíjení je interval přibližně 5× prodloužen, protože je očekáváno, že proces nabíjení bude trvat déle (až 10 hodin) a není zde nutnost takového množství záznamů.

3.3.4.4 Funkce „Cell_Selection“

Výběr článků je prováděn nastavením digitálních výstupů. Tyto výstupy jsou nastavovány zápisem hodnot do pole EN (pro povolení jednotlivých multiplexorů) a A (kódovací vstupy multiplexorů). Funkce „Cell_Selection“ je volána s parametrem čísla článku (1 – 20), na základě tohoto parametru dojde k přesnému nastavení kódovacích výstupů. Tato funkce zároveň slouží jako ochrana proti chybnému nastavení multiplexorů, kde by mohlo dojít ke vzniku hazardního stavu.

Pokud předaný parametr je nulový, nebo jiný intervalu 1 – 20, nastavuje funkce všechny výstupy na logickou 0.

3.3.4.5 Ukládání dat

Jak bylo výše zmíněno, pro stálou práci s daty (zobrazování aktuálních hodnot, dílčí výpočty atp.) slouží lineární pole o 24 prvcích nazvané „Volt“, jedná se o globální proměnnou, kde prvky 0 až 19 jsou napětí jednotlivých článků, prvek číslo 20 obsahuje pořadové číslo měření, 21 obsahuje uplynulý čas od začátku procesu ve vteřinách, prvek 22 obsahuje aktuální teplotu baterie a poslední prvek (23) udává zadanou délku testu. Pole Volt se neustále dynamicky mění, informaci o proběhlém měření (jeden ukončený cyklus měření článků od 1. po 20.) předává hodnota markeru „cell_measure_completed“.

Pro ukládání dat je na začátku programu vytvořeno 2D pole „Log_Arr“ o rozměrech 24×1000 prvků typu „float“. Vzhledem k jednoúčelovosti zařízení a dostatku paměti nebylo záměrně vytvářeno dynamické alokování paměti.

Pole „Log_arr“ je základně naplněno nulami, a postupně je plněno funkcí „LogData“ prostým nakopírováním prvek po prvku z pole „Volt“.

3.3.4.6 Automatické ukončení procesu

Automatické ukončení procesu je aktivní pouze pro režimy testování kapacity.

Program během běhu procesu, ve stavu 6, aktivně za pomoci podmínek kontroluje několik parametrů. Nejprve srovnává aktuální čas, konkrétně třetí prvek pole proměnné „hhmmss“ odpovídající zbývajcímu času testu ve vteřinách, zda není menší nebo roven 0. Tato situace by znamenala, že test proběhl ve svém plném rozsahu a baterie má tedy 100 % kapacity.

Další podmínkou je pokles napětí pod určitou mez. Ta je variabilní a volí se, opět, dle zvoleného režimu analýzy – 20 V pro 28V baterie, 10 V pro 14 V baterie a 1 V na článek u NiCd baterie.

Posledním kritériem je zásah uživatele. Pokud dojde ke stisknutí virtuálního tlačítka „STOP“ dojde automaticky k ukončení procesu a přechod na stránku s výsledky.

Pokud není zvolen režim testu kapacity, je jediný způsob, jak ukončit záznam dat, zásah uživatele právě stisknutím tlačítka „STOP“.

Jakmile nastane skutečnost pro ukončení záznamu, dojde k okamžitému zápisu aktuálních hodnot, jako nového vzorku. Tento krok byl programu dodán, aby nemohlo dojít ke ztrátě dat, která by mohla znamenat, že bude nejednoznačné, co způsobilo přerušení procesu.

3.3.4.7 Interpretace výsledků na zařízení

Po přechodu ze stavu číslo 6, stavu záznamu hodnot, do stavu číslo 7 - „Zobrazení výsledků“ je uživateli zobrazena grafická podoba proběhlého testu.

Výsledky jsou generovány z dat uložených v 2D poli „Log_arr“, a jsou uživateli podány ve dvou variantách.

První částí jsou základní textové informace zobrazené na třech řádcích v horní části obrazovky. Tyto informace poskytují uživateli základní informace, potřebné pro základní/rychlou diagnostiku baterie. Zároveň byla tato data vybrána tak, aby odpovídala hodnotám zadávaným do protokolů o kontrole baterií, které se momentálně používají.

Okrajové hodnoty napětí (počáteční a koncové) jsou načteny z pole „Log_arr“, kde úplně první záznam je chápán jako počáteční stav.

Limitní kapacita, je hodnota zadána uživatelem v nabídce „Logger properties“ a „docílená kapacita“ je vypočítána následovně:

$$\text{Dosažená kapacita} = \frac{\text{Volt}[21]}{\text{Volt}[23] * 60} * 100 \text{ [\%]} \quad (4)$$

Zde si můžeme dovolit používat pole „Volt“, neboť obsahuje totožná data, jako poslední uložený záznam.

```
Battery s/n: 123456      Achieved capacity: 16.4%
Start Voltage: 0.00V    Limit capacity: 80.0%
End Voltage: 0.00V      Result: --FAIL--
```

Obrázek 27 Základní informace o výsledku testu kapacity

Pokud je zvolen režim sledování nabíjení, nedojde k zobrazení informací o kapacitě, ale zobrazí se informace o době nabíjení.

```
Battery s/n: 123456      Charging Duration: 00:00
Start Voltage: 0.05V
End Voltage: 0.05V
```

Obrázek 28 Základní informace o proběhlém nabíjení

Vykreslení grafu je u všech režimů stejné. Jedná se o bodový XY graf, kde osa x je časová osa a osa y reprezentuje napětí. Hodnoty napětí jsou škálovány dle aktuálně zvoleného režimu v rozsahu 2/18/36 V.

Všechny výše zmíněné položky vykresluje funkce „DrawGraph“, která opět mění své chování, dle aktuálního režimu. Funkce dále upravuje rozlišení časové osy, dle množství zaznamenaných vzorků.

Základní rozměr grafu jsou 400×200 px a právě na tyto rozměry je třeba přepočítat zobrazované hodnoty. Hodnoty napětí jsou tedy upravovány pomocí násobení určitou konstantou. Například pro zobrazení napětí jednoho článku NiCd baterie, je povolený rozsah 2,00V, pro správně vykreslení na graf o rozměru dané osy 200 px, je třeba hodnotu napětí vynásobit 100×. V ostatních případech je to obdobné.

Pro zobrazení dat na časové ose je třeba znát počet sejmutých vzorků. Tato informace je uložena v proměnné „MeasureNo“. Základním rozměrem časové osy je tedy 400 vzorků (jeden pixel na displeji reprezentuje jeden vzorek). Pokud je vzorků méně nebo naopak více, musí dojít k přepočtení. Pokud máme například méně jak 50 vzorků, neodpovídá jednomu vzorku jeden pixel, ale vodorovná čára o délce 8 pixelů. Pokud máme více než 400 vzorků, dochází k zobrazení každého druhého, respektive čtvrtého vzorku.

Dále je ve grafu vykreslena limitní hodnota napětí, při které dojde k přerušení testu kapacity.

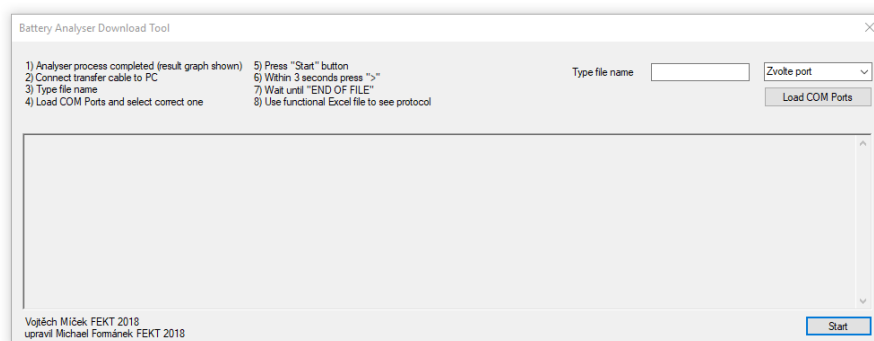
Graf zobrazený na straně výsledku na displeji umožňuje pouze velice základní diagnostické informace. Například u 20 kanálového měření je zobrazení velice nepřehledné a není možno úplně jednoduše určit, která linie odpovídá kterému článku. Na první pohled je ale viditelné, že nějaký článek se chová nestandardně – odchyluje se od průměru vytvořeného z ostatních průběhů. Tato prvotní informace má být impulsem k podrobnějšímu zkoumání pomocí exportu dat.

3.3.4.8 Export dat do PC

Pro přenos dat do PC byla zvolena sériová linka s rychlostí přenosu 115200 baud. Přenosový kabel obsahuje převodník UART – RS-232 typu MAX3232 od firmy Texas Instruments.

Pro ukládání dat v počítači slouží jednoduchá aplikace vyrobená v prostředí C#⁶ (příloha č. 11). Tato aplikace umožňuje uživateli vybrat příslušný sériový port a stisknutím tlačítka „Start“ pak spustit záznam dat.

⁶ Aplikaci v rámci své bakalářské práce vytvořil v roce 2018 Vojtěch Míček, a svolil k jejímu použití a úpravám v rámci této bakalářské práce „Manipulátor pro měření aktivních vzorků“ [21].



Obrázek 29 Ukázka programu pro stahování dat "Battery Analyser Download Tool"

Transfer dat ze zařízení je spuštěn na pokyn uživatele stisknutím virtuálního tlačítka „>“. Průběh přenosu dat je indikován na displeji zařízení a také v okně programu „Battery Analyser Download Tool“, kde lze pozorovat přijatá data. Přenos je ukončen v momentě, kdy je na displeji zařízení zobrazen text „DATA TRANSFER DONE“, v okně programu musí být jako poslední řádek zobrazena věta „***End Of File***“.

Data jsou automaticky ukládána do textového souboru s názvem, který zadá uživatel do aplikace. Soubor lze najít ve složce „Dokumenty/Battery Analyser“. Zavřením programu se sériový port uzavře a textový soubor uzavře a uloží.

3.4 Práce s analyzérem

Máme tedy navržené zařízení pro sledování baterií v průběhu nabíjení a vybíjení. Zařízení je vybaveno grafickým uživatelským prostředím, které umožňuje uživateli intuitivně měnit parametry záznamu dat, nastavit přesné vlastnosti testované baterie a zobrazit určitá diagnostická data (v případě problému).

Pokud uživatel chce podrobit například Nikl-Kadmiový akumulátor testu kapacity, připojí tento akumulátor na standardně užívanou elektronickou zátěž, ale na každý článek ještě přiloží sondy do „Bateriového analyzáru“. Po zapnutí zařízení provede uživatel nastavení režimu záznamu (v tomto případě to bude 20 kanálový test kapacity), zadá dobu trvání testu kapacity a nominální kapacitu baterie.

Následně na hlavní straně provede kontrolu, zda jsou zobrazeny všechny hodnoty napětí a zda je zobrazena teplota. Pokud je vše v pořádku, může uživatel stisknutím tlačítka „START“ spustit proces. Než k tomu ale dojde, je ještě vyzván k zadání jedinečných identifikátorů testované baterie, a to výrobního čísla a čísla části. Jámile jsou tato data zadána, přejde zařízení do režimu „vyčkávaní na spuštění záznamu“, kde je neustále kontrolováno, zda nedošlo k poklesu napětí baterie o určitou mez.

Právě v tuto chvíli může operátor spustit elektronickou zátěž. Okamžikem zatížení baterie poklesne její napětí (protože napětí „naprázdno“ je vždy o nějakou

část vyšší). Okamžikem poklesu napětí se analyzátor automaticky spouští (není tedy nutný určitý „dvojhmát“ ze strany uživatele/operátora, který by musel zároveň spouštět zátěž a analyzátor).

V tomto režimu analyzátor cyklicky každých 10 vteřin měří napětí na každém článku zvlášť a ukládá jej do vnitřní paměti.

Test je následně ukončen splněním jedné ze tří podmínek – uplynul čas testu, bylo stisknuto tlačítko „STOP“ nebo napětí kleslo pod určitou mez. Po ukončení testu je uživateli zobrazena stránka se základními výsledky a také graf průběhu napětí na jednotlivých článcích. Tato strana je pouze základní interpretací výsledků, pro podrobnější analýzu kondice testované baterie je třeba provést export dat a analyzovat je pomocí obslužného programu psaného v aplikaci MS Excel.

Export dat je prováděn pomocí sériové linky o rychlosti 115 200 baud. K tomuto účelu je k zařízení dodáván kabel s převodníkem UART – RS-232. Pro zápis dat do počítače je pak určena aplikace „Analyser_Data_Download.exe“ (příloha číslo 11), která uživatele provede celým procesem a uloží data do textového souboru, který je poté analyzován pomocí výše zmíněného programu pro generování protokolů.

4 PRÁCE S DATY A DIAGNOSTIKA NICD AKUMULÁTORU

Při vyhodnocování průběhu nabíjení lze pozorovat několik vlastností. Nejzákladnějším indikátorem je „odchylka od normálu“, tedy kdy máme vykreslený průběh všech článků a je jasné vidět, že jeden nebo více průběhů je mimo průměr. To je ale úplný základ, další indikace popisuje manuál pro údržbu fy. MarathonNorco Aerospace. [3]

Sledování napětí článku v počáteční fázi může odhalit problém okamžitě, například pokud článek nedokáže dosáhnout napětí 1,50 V, musí být vyměněn. Dalším problémem je, pokud článek přesáhne hranici 1,55 V a poté jeho napětí padne pod 1,50 V.

Opačným problémem je, pokud v počáteční fázi roste jeho napětí přes 1,80 V. To většinou indikuje nízkou hladinu elektrolytu.

V případě sledování akumulátoru při vybíjení předepsaným konstantním proudem je také zajímavé sledovat průběh. Typické pro NiCd články je, že si dokáží udržet své napětí (nikoliv stále stejné, ale bez větších poklesů) při konstantním proudu, avšak když se blíží hranice „vyčerpání“ jejich kapacity, tak začnou své napětí velice rychle ztrácet, a to až prakticky k 0 V. Opět je to velice dobře viditelné pozorováním „odchýlení od průměru“. Takový problém ještě nenaznačuje nutně defektní článek, ale může indikovat nutnost provedení tzv. „reconditioning charge“. Pro odhalení těchto vlastností je vytvořeno „makro“ pro aplikaci MS Excel.

4.1 Diagnostická aplikace pro PC

Pro účely zpracování exportovaných dat je vytvořen v prostředí MS Excel „sešit“ do kterého uživatel pomocí jediného tlačítka načte exportovaná data uložená do souboru a po zadání vstupních údajů (jméno technika atp.) program provede automatické vyhodnocení dat, vykreslení grafů a generaci protokolů. Program je přílohou této bakalářské práce číslo 9.

Hlavním požadavkem této aplikace byla její snadná obsluha pro koncového uživatele, neboť se počítá, že ji bude obsluhovat zaškolený pracovník, který nemusí být příliš počítačově zdatný. Dalším požadavkem bylo automatické vytvoření protokolu o proběhlé prohlídce. Pro splnění těchto požadavků byla zvolena právě aplikace MS Excel s použitím maker v prostředí VBA⁷.

⁷ Visual Basic for Application

4.1.1 Import souboru

Pro načtení souboru pro analýzu slouží uživateli na úvodním listu „Input“ tlačítko „Load File“. Stisknutím tlačítka dojde ke spuštění makra, které spustí načítání a analýzy dat. Uživatel je nejprve vyzván k vybrání správného souboru, po vybrání se data načtou na pracovní kartu „data“ v sešitu, tato data jsou následně upravena pro další práci.

Strana „Input“ slouží uživateli jako určité „hlavní menu“ celé aplikace. Zde zadává informace o sobě, informace o zakázce atp. Hlavní strana „Input“ je také vybavena sérií tlačítek, které uživatele automaticky přenesou na požadovaný protokol/graf.

After data download press "Load File" button and select proper file	Load File
---	-----------

Information from loaded File	
Date of test:	15.05.2018
Time of test:	09:01:20
Battery p/n:	31908-001
Battery s/n:	10400525
Date of calibration:	27.04.2018
Mode:	Capacity Test

Operator's info	
Name, approval No.:	Michael Formánek, A22
W/O:	
Tail No.:	OK-EDP
Battery Mfg.:	Marathon Batteries
Min. Capacity:	85

Operator's note
Here you can type note, like performed work, found problems and date of next periodic inspection
První test capacity.

Pb Test Form	NiCd Test Form
Pb Test Graph	NiCd Test Graph
Pb Characteristics Form	NiCd Characteristics Form
Pb Characteristics Graph	NiCd Characteristics Graph

Obrázek 30 Vstupní strana obslužné aplikace

Data jsou rozdělena za pomoci definovaných oddělovačů (v tomto případě je použit středník). Automaticky dochází k úpravě desetinného symbolu (z tečky, kterou využívá záznamové zařízení, na desetinnou čárku využívanou v prostředí MS Excel). Dalším krokem je převod z textu na čísla v dané oblasti. Tímto krokem je dokončena příprava dat a program začne provádět analýzu dat.

Nejprve je provedena kontrola platnosti dat v jednotlivých buňkách, protože není přesně definované kolik vzorků analyzátor načte a je tedy potřeba s daty pracovat jako s dynamickou oblastí. (pokud nejsou data platná je buňka naplněna hodnotou „NEDEF“).

4.1.2 Diagnostika Baterie

Posledním krokem, které makro aktivované stisknutím tlačítka „Load File“ provede, je vyhledání specifických hodnot v datech, jako je například napětí článků v určitém čase, nebo naopak hledání, kdy který článek dosáhl zadané hodnoty napětí. Tohle hledání je provedeno sérií cyklů „for“, které prochází sloupec s časovými razítky v minutách a vrací index řádku s příslušným časem. Další cyklus for prochází hodnoty napětí z načteného souboru a do další pomocné oblasti vrací čas dosažení zadané hodnoty napětí.

Tato data slouží právě k diagnostice baterie a také pro korektní vyplnění protokolu, neboť se stále musíme řídit pokyny výrobce. Zde právě výrobce požaduje zaznamenání hodnot napětí jednotlivých článků v 15./30./45./60. minutě probíhajícího testu kapacity. Tyto hodnoty jsou vyhodnoceny právě z prvního cyklu for, kde si rovnice v aplikaci excel načte, na kterém řádku jsou údaje z dané minuty a právě tyto hodnoty jsou kopírovány do protokolu. Pokud test netrval dostatečně dlouho, jsou hodnoty v protokolu nulové.

Další požadavek výrobce je měření času, kdy baterie dosáhne napětí 1,55 V v průběhu nabíjení. Zde funguje právě další cyklus, který do pomocné oblasti vrátí časové razítko řádku, kde daný článek dosáhl napětí 1,55 V. Tyto hodnoty jsou opět kopírovány do příslušného protokolu.

Dále bylo zmíněno, že je třeba sledovat počáteční fázi nabíjení kvůli abnormálnímu růstu napětí. Program tedy monitoruje, zda nějaký článek během prvních 30 minut nepřesáhne hranici napětí 1,80 V. Pokud k tomu dojde, objeví se v protokolu příznak závady na daném článku, který upozorní operátora, aby pečlivě prozkoumal průběh nabíjení a vyhodnotil situaci.

Hlavním přínosem pro diagnostiku jednotlivých článků baterie je ale vizuální interpretace dat. Aplikace pro tyto účely vykresluje celkem 2 typy grafů pro Pb i NiCd baterie.

Aplikace vykresluje vždy závislost napětí na baterii/článcích na čase testu. Doplnujícím průběhem je závislost teploty na čase, kde teplota má svou vlastní (sekundární) osu. Jeden typ grafu je určen pro test kapacity a ten má pevnou délku časové základny v závislosti na zvolené délce testu. Druhým typem je prosté vykreslení charakteristiky nabíjení/vybíjení, tento graf má automaticky nastavitelnou délku časové základny.

Příprava dat a generace grafů je dělána automaticky díky vzorcům zapsaným na pomocných listech.

4.1.3 Generování protokolu o prohlídce

Poslední a pro koncového uživatele nejdůležitější část je právě vytvoření protokolu, který dokazuje provedenou kontrolu a uvolňuje danou baterii do provozu.

Tento protokol vychází z formuláře, který je standardně užívaný firmou DARA-AIR na uvolňování baterií do provozu. Protokol generovaný aplikací je ale upraven pro použití s automatickým vyhodnocením. Operátor zadává pouze informace organizačního charakteru, tedy své jméno a číslo osvědčení, číslo zakázky a výrobce baterie. Ostatní data jsou vzata ze souboru analyzéro a operátor už nemá možnost je měnit. Touto cestou se dá předejít nežádoucí manipulaci s daty a například falšování výsledků testu letadlových akumulátorů.

Kopie reálného protokolu je přiložena jako příloha číslo 7, pro srovnání je jako příloha 6 přiložen také původní protokol od firmy DARA-AIR.

5 ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout a sestavit zařízení umožňující automatické měření napětí na jednotlivých článcích letadlové baterie a umožnit tak snazší a jednoznačnější diagnostiku těchto baterií.

Práce se nejprve zabývala analýzou jednotlivých leteckých akumulátorů, jejich rozdělením a požadavky na jejich údržbu. Byl zde definován požadavek na periodické kontroly kapacity baterií a popsán způsob, jakým se do nynějška baterie testovaly.

Na základě těchto informací byl definován koncept zařízení, který by měl operátorovi usnadnit práci a poskytnout mu informace o aktuálním stavu jednotlivých článků, které může použít k vyhodnocení stavu.

V první části této bakalářské práce jsem se tedy věnoval návrhu a realizaci hardware části zařízení, návrhu obvodových desek, výběru integrovaných obvodů a propojení celého zařízení.

V další části byly popsány použité principy a funkce, se kterými pracuje program v řídicí jednotce desky STM32F7 Discovery. Smysl uživatelského prostředí byl popsán včetně funkce jednotlivých ovládacích prvků. Pro názornost byl také vytvořen diagram, který je přílohou číslo 13 této práce.

V průběhu vývoje došlo také k rozšíření zařízení o další vstup pro analýzu olovených baterií. Uživatel si tak může vybrat, zda provede 20 kanálové měření nebo měření akumulátoru, který nemá přístupné všechny články. Nezbytnou součástí každého měřícího zařízení je jeho korekční křivka, která je přiložena pod číslem 14 (pro jednokanálové měření) a 15 pro 20 kanálový vstup.

V poslední části byly popsány mechanismy exportu dat do PC a také principy zpracování takto exportovaných dat. Vzhledem k požadavku na snadnou obsluhu byl vytvořen sešit aplikace MS Excel obsahující tzv. „makra“. Tento sešit umožňuje operátorovi provádějícímu údržbu stisknutím jediného tlačítka načíst exportovaný soubor. Protokol o provedené údržbě je následně automaticky vygenerován a operátor jej může snadno vytisknout. Makro po stisknutí tlačítka vyzve operátora k vybrání souboru, provede načtení a analýzu dat, jejichž výstupem jsou protokoly o provedené prohlídce s příznaky možných chyb na článcích baterie. Dalším výstupem jsou přehledné grafy, charakterizující průběh napětí každého článku na čas. Cílem této práce bylo poskytnutí relevantních informací, pro usnadnění diagnostiky akumulátorů, při nízké náročnosti na obsluhu.

Podobné komerčně vyráběné výrobky se cenově běžně pohybují okolo 3 až 4 tisíc dolarů a disponují pouze základním reportem o stavu baterie (obvykle pouze grafem celkového napětí). Bateriový analyzátor vyvinutý a vyrobený v rámci této

bakalářské práce stál v nákladech přibližně 600 až 700 dolarů a přináší daleko více diagnostických informací při zachování jednoduchosti ovládání.

Pro srovnání jsou přílohou této práce také kopie reálných protokolů používaných firmou DARA-AIR. Příloha číslo 6 je původní ručně vyplňovaný protokol a příloha číslo 7 je protokol generovaný aplikací vytvořenou v rámci tohoto bakalářského projektu.

Literatura

- [1] Rolls-Royce Corporation, „Rolls-Royce Model 250 E-pubs,“ unpublished, 01 09 2017. [Online]. Available: <https://rrepubs.aviall.com>. [Přístup získán 25 12 2017].
- [2] EASA, „DECISION NO. 2003/14 /RM OF THE EXECUTIVE DIRECTOR OF THE AGENCY (CS-23),“ 14 11 2003. [Online]. Available: https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/decision_ED_2003_14_RM.pdf.
- [3] MarathonNorco Aerospace, „Operating and Maintenance Manual for Nickel-Cadmium Aircraft Batteries,“ 04 10 2016. [Online]. Available: <http://www.mnaerospace.com/CMMs/24-34-00.pdf>.
- [4] B. M. Razov, Návrh pracoviště pro testování trakčních akumulátorů, Praha: ČVUT FEL, 2014.
- [5] Concorde Battery, „RG24-15A,“ [Online]. Available: <http://www.concordebattery.com/thumbs/RG24-15A.jpg>. [Přístup získán 27 12 2017].
- [6] True Blue Power A division of Mid-Continent Instrument Co., Inc., „Installation Manual and Operating Instructions TB17 Series Advanced Lithium-ion Battery,“ 1 11 2017. [Online]. Available: https://www.truebluepowerusa.com/pdfs/TB17_InstallationManual.pdf. [Přístup získán 25 12 2017].
- [7] True BluePower, „R-44 STC Brochure,“ [Online]. Available: https://www.truebluepowerusa.com/pdfs/TB17_R44Brochure.pdf. [Přístup získán 31 12 2017].
- [8] MarathonNorco Aerospace, „TSP-283,“ [Online]. Available: <http://www.mnaerospace.com/IPL/TSP-283.pdf>. [Přístup získán 28 12 2017].
- [9] ÚCL ČR, „CAA Předpis L6/I Hlava 8,“ [Online]. Available: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>. [Přístup získán 24 12 2017].
- [10] Maxim Integrated, „MAX4509 Datasheet,“ [Online]. Available: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX4508-MAX4509.pdf>. [Přístup získán 30 12 2017].
- [11] [Online]. Available: https://www.gme.cz/data/product/480_480/pctdetail.800-053.1.jpg. [Přístup získán 30 12 2017].

- [12] Tracopower.com, „AC/DC Power Modules,“ 23 10 2017. [Online]. Available: <https://www.tracopower.com/products/tmp.pdf>. [Přístup získán 30 12 2017].
- [13] Semiconductor Components Industries, LLC, „LM78XX/LM78XXA 3-Terminal 1 A Positive Voltage Regulator,“ 01 09 2014. [Online]. Available: http://www.farnell.com/datasheets/2287645.pdf?_ga=2.255195520.941911553.1514574573-382986098.1508775046. [Přístup získán 30 12 2017].
- [14] NEUTRIK, „NAC3MPx,“ NEUTRIK, [Online]. Available: <http://www.neutrik.com/website/uploads/images/07/660x/nac3mpx.jpg?v=1>. [Přístup získán 10 Květen 2018].
- [15] „Allfightsticks,“ [Online]. Available: <http://allfightsticks.com/product/nickel-neutrik-nausb-w-usb-adapter>. [Přístup získán 10 Květen 2018].
- [16] TME, „TE CONNECTIVITY 206486-1,“ [Online]. Available: <https://www.tme.eu/en/details/cpc-206486-1/cpc-connectors/te-connectivity/206486-1/>. [Přístup získán 10 Květen 2018].
- [17] TME, „TE CONNECTIVITY 206485-1,“ [Online]. Available: <https://www.tme.eu/cz/details/cpc-206485-1/konektory-cpc/te-connectivity/206485-1/>. [Přístup získán 10 Květen 2018].
- [18] TME, [Online]. Available: <https://www.tme.eu/en/details/cpc-205839-3/cpc-connectors/te-connectivity/205839-3/>. [Přístup získán 10 Květen 2018].
- [19] ICAO, „Předpisy ICAO Annex (L): L2 Hlava 5,“ 12 10 2017. [Online]. Available: <http://lis.rlp.cz/predpisy/index.htm>. [Přístup získán 27 12 2017].
- [20] Amazon.com, [Online]. Available: <https://www.amazon.com/TE-CONNECTIVITY-AMP-205840-3-CONNECTOR/dp/B00MMYCBFY>. [Přístup získán 10 Květen 2018].
- [21] V. Míček, „Manipulátor pro měření aktivních vzorků. Brno, 2018, 71 s. Bakalářská práce,“ Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce: Ing. Petr Petyovský, Ph.D, 2018.
- [22] J. Kozumplík, „Alkalické akumulátory,“ v *Akumulátory od principu k praxi*, Praha 8, FCC PUBLIC s.r.o., 2003, p. 248.

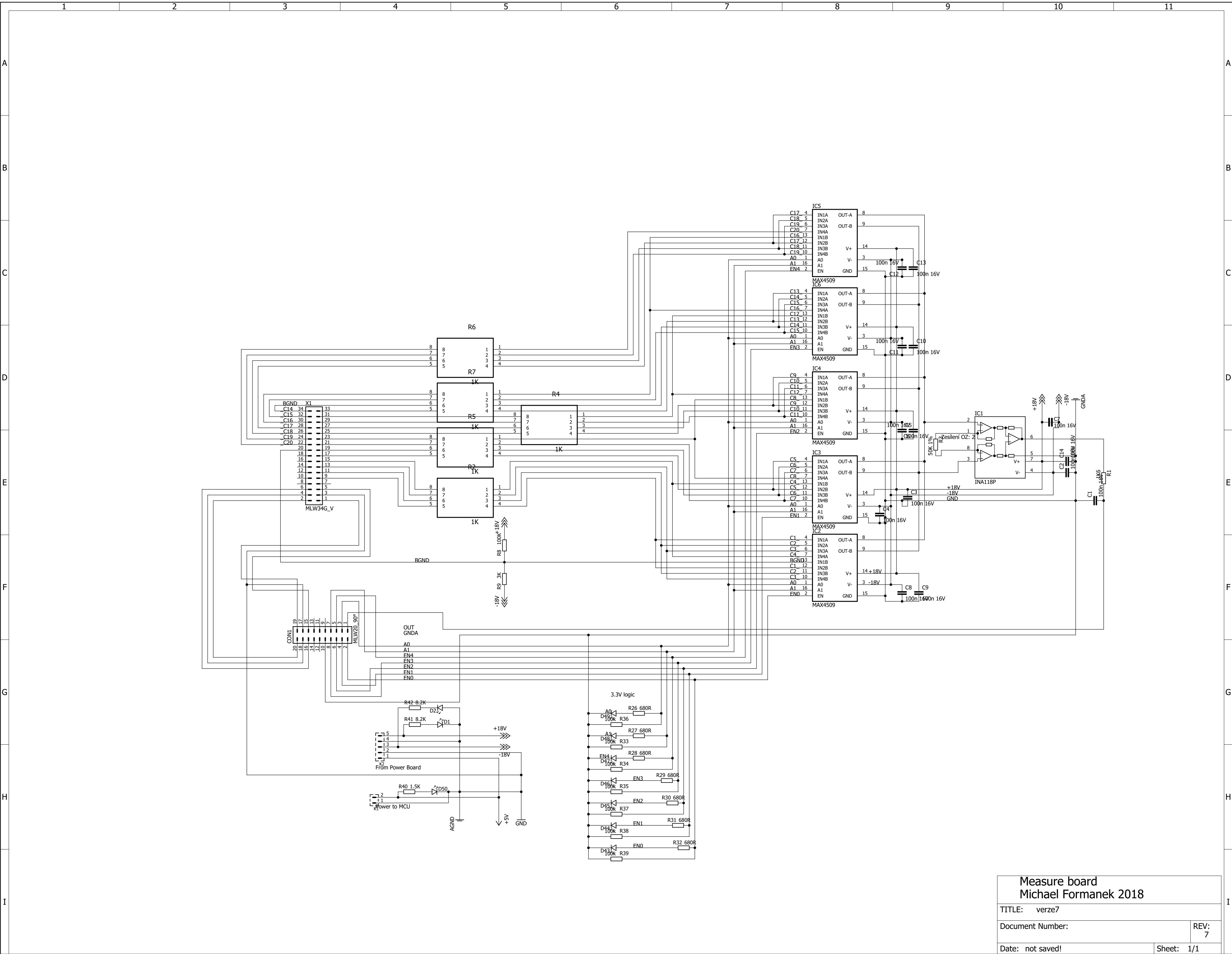
Seznam symbolů, veličin a zkratek

V	-	Volt, jednotka elektrického napětí
A	-	Ampér, jednotka elektrického proudu
Ah	-	Ampér-hodina, jednotka kapacity akumulátoru
°C	-	Stupeň Celsia, jednotka teploty
ms	-	milisekunda, jednotka času
ICAO	-	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
EASA	-	Evropský úřad pro civilní letectví
CAA	-	Český úřad pro civilní letectví
IFR	-	Soubor pravidel pro vedení letadla s použitím navigačních přístrojů
LED	-	Světlo emitující dioda (světelný zdroj)
NiCd	-	označení technologie bateriového článku (Nikl-Kadmium)
DPS	-	Deska plošných spojů
UART	-	Asynchronní sériové rozhraní – komunikační linka
I ² C	-	Inter-Integrated Circuit – počítačová sběrnice
SRAM	-	Static Random Access Memory, statická paměť
RTC	-	Real Time Clock, Hodiny reálného času
px.	-	pixel, jeden zobrazovací bod LCD displeje

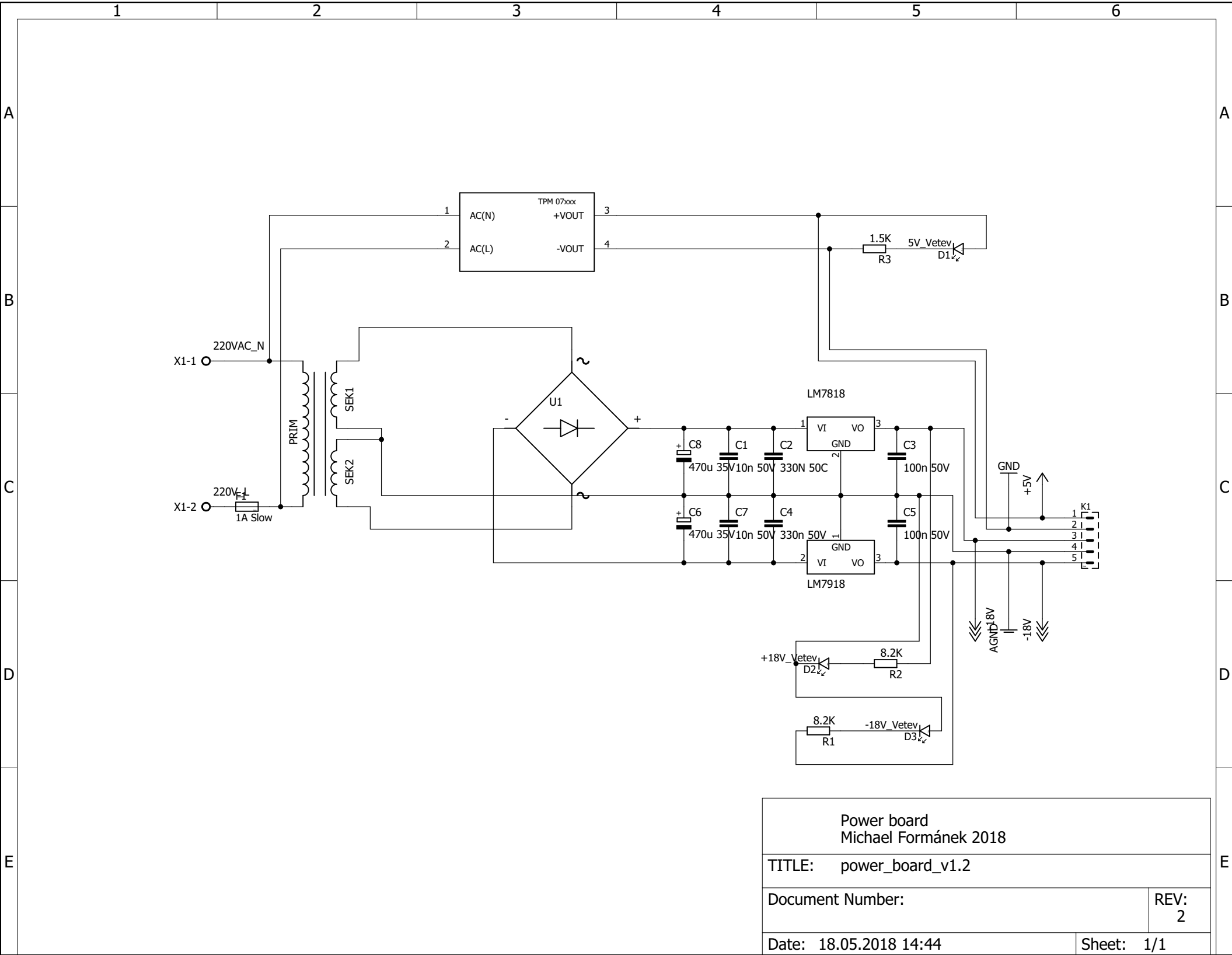
Seznam příloh

Příloha 1	Schéma měřicího obvodu v programu Eagle
Příloha 2	Schéma napájecího modulu v programu Eagle
Příloha 3	Schéma DPS měřicího obvodu v programu Eagle (horní strana)
Příloha 4	Schéma DPS měřicího obvodu v programu Eagle (dolní strana)
Příloha 5	Schéma DPS napájecího obvodu v programu Eagle
Příloha 6	Kopie protokolu testu kapacity „původní“
Příloha 7	Kopie protokolu testu kapacity „nový“
Příloha 8	Projekt obsahující zdrojový kód zařízení v prostředí „PlatformIO“ (dostupné pouze v elektronické podobě)
Příloha 9	Vyhodnocovací aplikace pro MS Excel (dostupné pouze v elektronické podobě)
Příloha 10	Stručná uživatelská příručka pro obsluhu
Příloha 11	Aplikace pro přenos dat z analyzáru (dostupné pouze v elektronické podobě)
Příloha 12	Soubor dat z reálného měření (dostupné pouze v elektronické podobě)
Příloha 13	User Interface Flowchart
Příloha 14	Korekční křivka vstupu P3
Příloha 15	Korekční křivka vstupu P4
Příloha 16	Blokové schéma zařízení

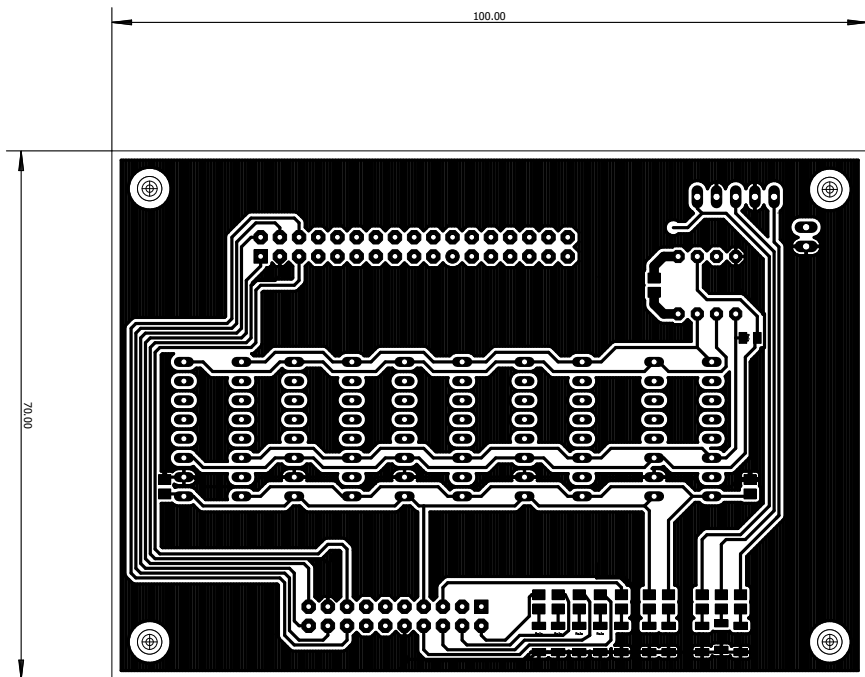
Příloha 1 - Schéma měřicího obvodu



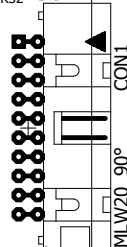
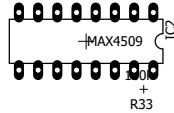
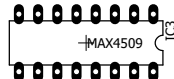
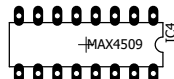
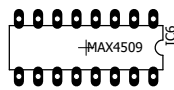
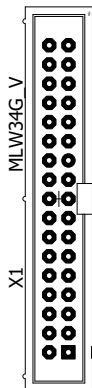
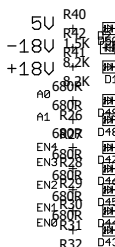
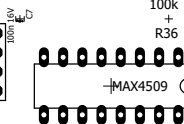
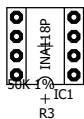
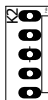
Příloha 2 - Schéma napájecího modulu



Příloha 3 - Schéma DPS Měřícího obvodu (horní strana)



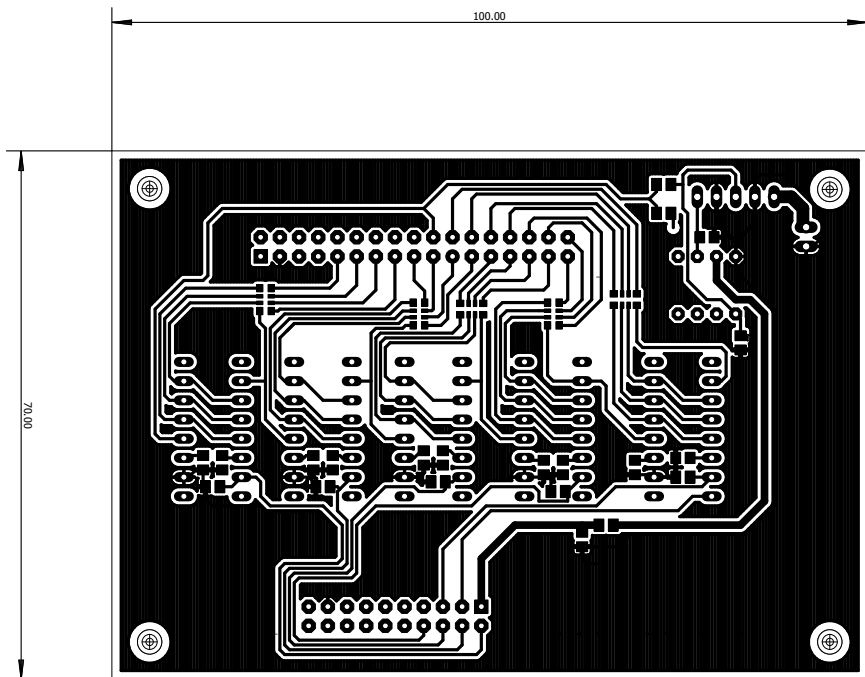
Measure board for Battery analyser Michael Formanek 2018



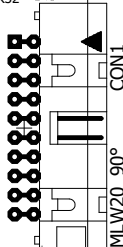
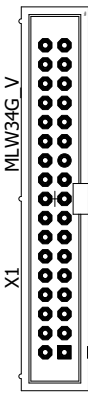
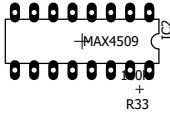
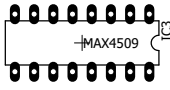
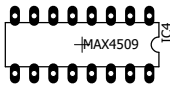
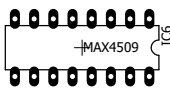
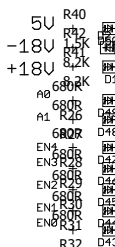
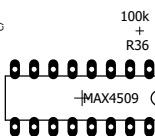
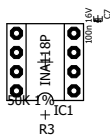
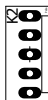
100.00

70.00

Příloha 4 - Schéma DPS měřícího obvodu (dolní strana)



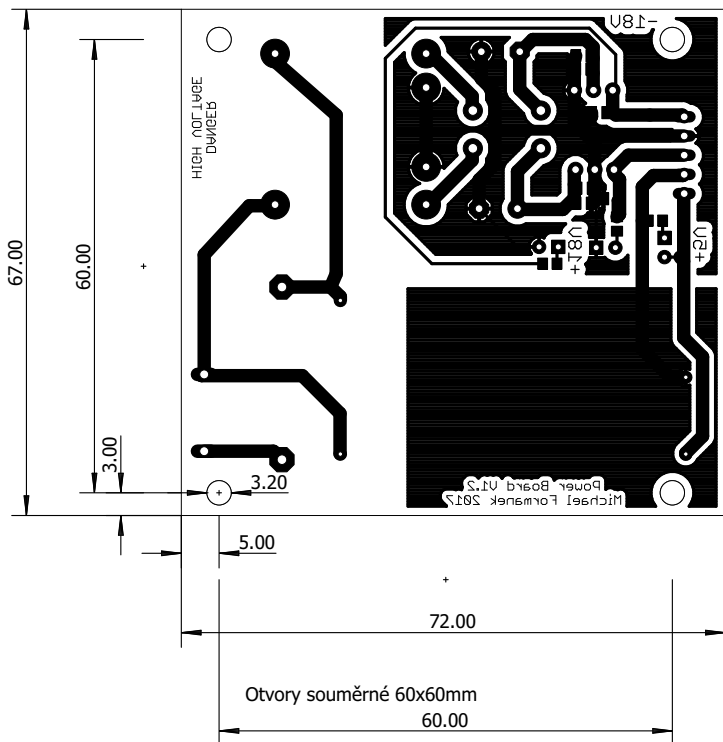
Measure board for Battery analyser Michael Formanek 2018

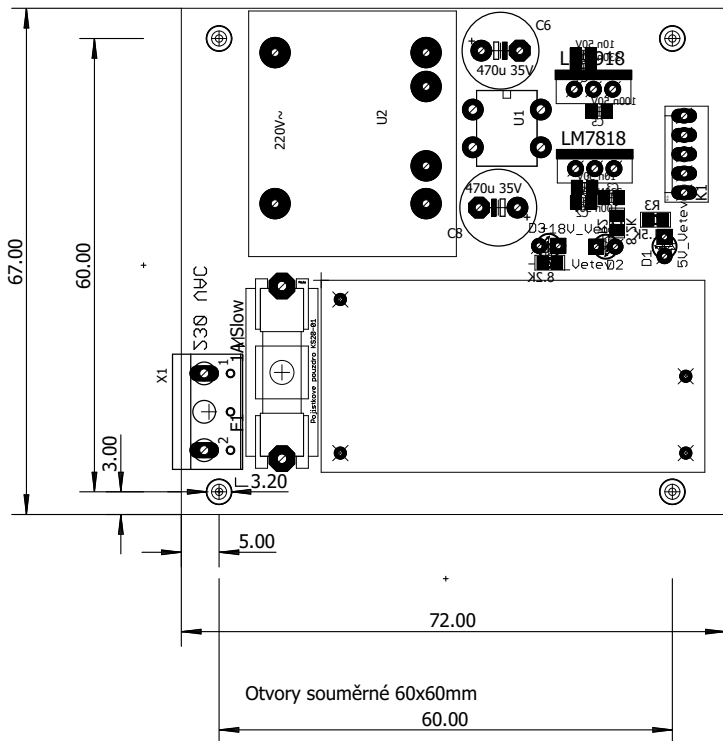


100.00

70.00

Příloha 5 - Schéma DPS napájecího obvodu





Příloha 6 - Kopie protokolu testu kapacity „původní“



MARATHONNORCO AEROSPACE, INC.

NICKEL-CADMIUM AIRCRAFT BATTERIES

Dava-Air W.O.: 1388/16

BATTERY SERVICE DATA SHEET

Work Order 1388/16 Battery S/N 1140 2036 Aircraft Type B-4076x Hours in Service
Date 28.12.2016 Battery Type TSP-285 Aircraft No Service Performed by DARA-AIR S.R.O.

Page 1 of 2

SPECIFICATIONS

Main Chg. Amps 15 A Cap. Test Amps 28 A Sensor p/n: 29432-011
Top Chg. Amps 6 A Torque in Lbs. 100-125 in. lbs.

INSPECTIONS

Initial Visual OK Torque OK Vents OK Deep Cycle No
Elect. Leakage OK Connector(s) OK Sensor OK Final Inspection

TESTS

MAIN CHARGE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
30 Minutes			✓				✓			✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓		
Time to 1.55V																						
Initial H ₂ O CCs																						

TOP CHARGE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
15 Minutes																						
30 Minutes																						
60 Minutes																						
90 Minutes																						
120 Minutes																						
Initial H ₂ O CCs																						

CAPACITY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
15/30 Minutes	1,195	1,196	1,195	1,188	1,194	1,190	1,187	1,185	1,190	1,180	1,184	1,185	1,185	1,185	1,180	1,180	1,186	1,178	1,179	1,176		
30/60 Minutes	1,142	1,148	1,142	1,145	1,147	1,145	1,146	1,146	1,146	1,147	1,145	1,146	1,146	1,147	1,146	1,146	1,148	1,145	1,145	1,144		
45/90 Minutes	1,122	1,131	1,130	1,125	1,128	1,125	1,127	1,125	1,129	1,128	1,123	1,125	1,126	1,128	1,125	1,126	1,118	1,124	1,125	1,124		
51/120 Minutes	1,094	1,109	1,107	1,133	1,092	1,095	1,093	0,945	1,105	1,098	1,091	1,100	1,052	1,093	0,930	1,090	0,980	1,090	1,099	0,991		




Approved for service

ACS4

Date 29.12.2016

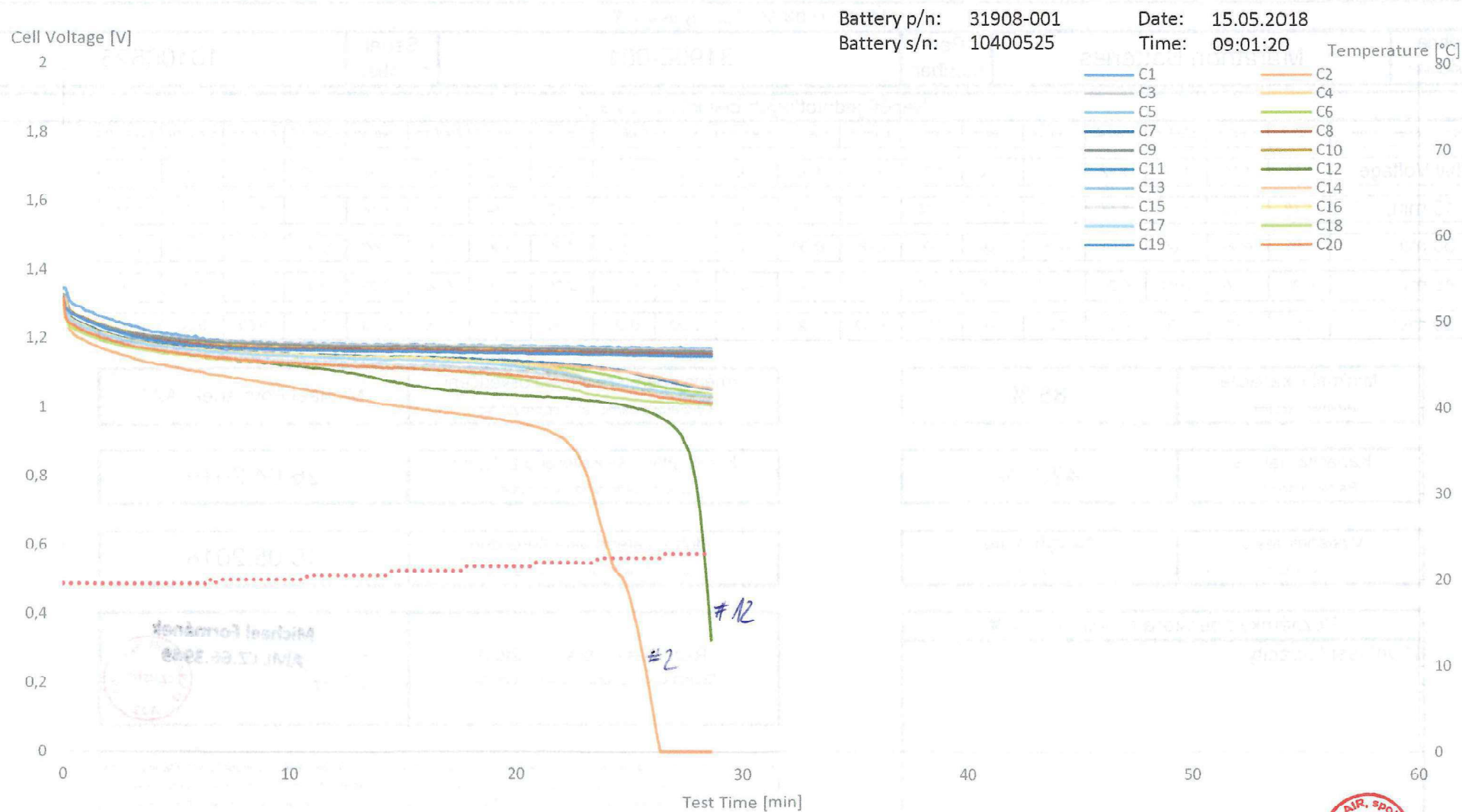
24-34-00

Příloha 7 - Kopie protokolu testu kapacity „nový“

 Aircraft Maintenance	Capacity check record Nickel-Cadmium battery <small>Test kapacity baterie -NIKL-Kadmiové-</small>										Číslo zakázky <small>Job number ▼</small> <div style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">0</div>	Poznávací značka <small>Tail No. ▼</small> <div style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">OK-EDP</div>														
Údaje o baterii / Battery details ▼																										
Výrobce: <small>Manufacturer</small>	Marathon Batteries						Part <small>number:</small>	31908-001						Serial <small>number:</small>	10400525											
Napětí jednotlivých článků / Cells voltage :																										
Voltage in spec. time	Cell 1	Cell 2	Cell 3	Cell 4	Cell 5	Cell 6	Cell 7	Cell 8	Cell 9	Cell 10	Cell 11	Cell 12	Cell 13	Cell 14	Cell 15	Cell 16	Cell 17	Cell 18	Cell 19	Cell 20						
Initial Voltage	1,35	1,30	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,31	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,31	1,32	1,32						
15 min.	1,18	1,00	1,18	1,17	1,16	1,14	1,15	1,17	1,18	1,14	1,14	1,07	1,12	1,14	1,12	1,14	1,14	1,11	1,16	1,11						
30 min.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
45 min.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
60 min.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:25%; padding: 5px;"> Minimální kapacita <small>Minimal capacity:</small> </td> <td style="width:75%; text-align: center; padding: 5px;"> <div style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">85 %</div> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Kapacita Baterie: <small>Battery capacity:</small> </td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> <div style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">47,7 %</div> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Výsledek testu: <small>Test result:</small> </td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> <div style="font-weight: bold;">Nevyhovuje</div> <div style="font-size: 10pt;">Failed</div> </td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; height: 100px; margin-top: 10px; padding: 5px;"> Poznámky operátora / Operator's notes ▼ První test kapacity. </div>																					Minimální kapacita <small>Minimal capacity:</small>	<div style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">85 %</div>	Kapacita Baterie: <small>Battery capacity:</small>	<div style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">47,7 %</div>	Výsledek testu: <small>Test result:</small>	<div style="font-weight: bold;">Nevyhovuje</div> <div style="font-size: 10pt;">Failed</div>
Minimální kapacita <small>Minimal capacity:</small>	<div style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">85 %</div>																									
Kapacita Baterie: <small>Battery capacity:</small>	<div style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">47,7 %</div>																									
Výsledek testu: <small>Test result:</small>	<div style="font-weight: bold;">Nevyhovuje</div> <div style="font-size: 10pt;">Failed</div>																									
Jméno operátora a číslo osvědčení <small>Operator's name, and approval No.</small>										Michael Formánek, A22																
Konec platnosti kalibrace zařízení: <small>Device callibration valid due:</small>										26.04.2019																
Údržba baterie ukončena dne: <small>Battery maintenance finished at:</small>										16.05.2018																
Razítko a podpis operátora <small>Stamp and signature of the operator</small>										<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; text-align: center;"> <div style="font-weight: bold; font-size: 12pt;">Michael Formánek</div> <div style="font-weight: bold; font-size: 12pt;">AML CZ.66.3949</div>  </div> </div>																
Pro nabíjení a vybití bylo použito zařízení MB73P+ (s/n: 02C-6903). Analýza napětí na jednotlivých člancích byla provedena zařízením "20 Channel NiCd Battery Analyser". Průběhy napětí na jednotlivých člancích jsou na straně 2. // For dis/charging was used device "MB73P+ (s/n: 02C 6903). Cell voltage analysis was performed on device "20 Channel NiCd Battery Analyser". For Cell voltage graph ref. page no. 2.																										

Graf průběhu napětí na jednotlivých člancích

Individual Cell Voltage Graph



Příloha 8 – Projekt obsahující zdrojový kód zařízení v prostředí „PlatformIO“

Příloha je dostupná na přiloženém datovém nosiči

Soubor „Příloha 8.zip“

Příloha 9 – Vyhodnocovací aplikace pro MS Excel

Příloha je dostupná na přiloženém datovém nosiči

Soubor „Příloha 9.xlsm“

Příloha 10 – Stručná uživatelská příručka pro obsahu

Stručná uživatelská příručka pro obsluhu 20 Channel NiCd Battery Analyser

1) Popis zařízení

Bateriový analyzátor slouží pro měření 20 článkových Nikl-Kadmiových baterií a 14/28 Voltových olověných článků. Slouží k zaznamenávání a vyhodnocování průběhu nabíjení a vybíjení baterií a k testování kapacity baterie. Veškeré tyto parametry mohou být zadány anebo upraveny uživatelem.

Naměřené hodnoty mohou být prohlédnuty v uživatelském rozhraní nebo exportovány do počítače za pomoci obslužného software.

Akumulátorový analyzátor se skládá z grafického uživatelského rozhraní, napájecí desky, měřicí desky a mikroprocesorového kitu. Celé zařízení je umístěno v plastovém boxu se stupněm krytí IP44.

Propojení zařízení se sítí, akumulátory nebo počítačem je realizováno uzavíratelnými konektory po stranách boxu.

UPOZORNĚNÍ

Z důvodu zachování krytí zařízení, je nutné, aby nepoužívané zásuvky byly důkladně uzavřeny!

20 Channel NiCd Battery Analyser

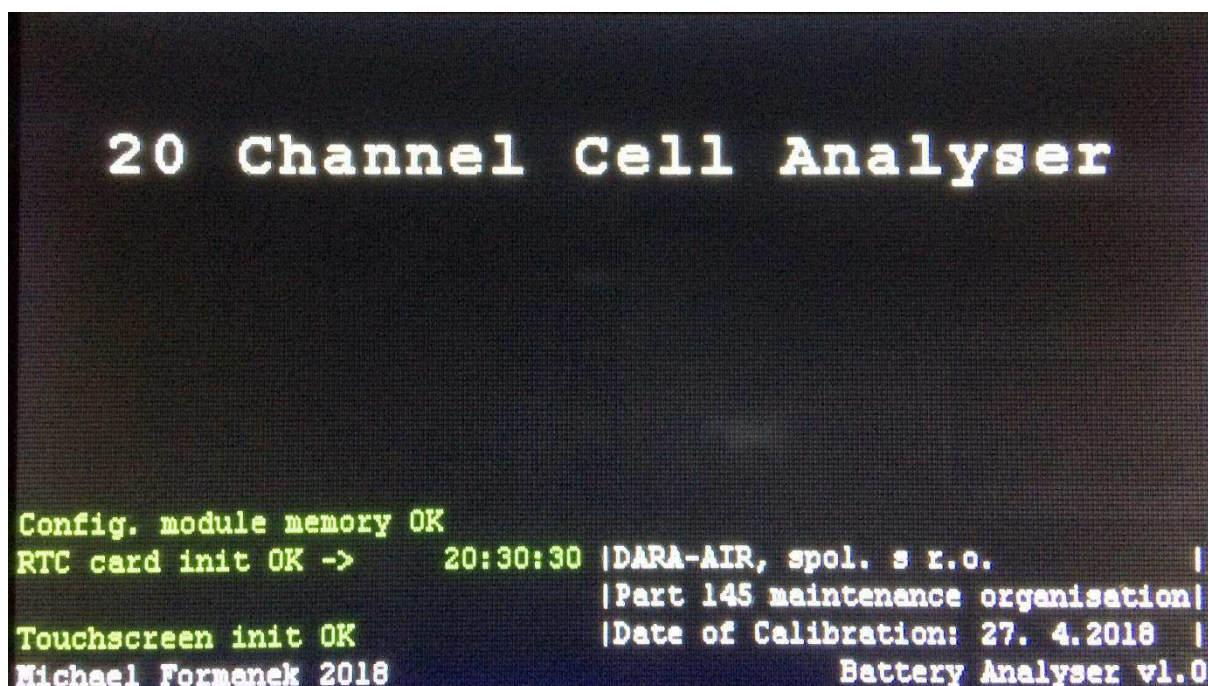
2) Uvedení zařízení do provozu

Zařízení je uzpůsobeno na napájecí síť 230V/50Hz, pro připojení do elektrické sítě využijte dodaného síťového kabelu.

- Připojte síťový kabel do zásuvky „P1“
- Zapněte kabel do elektrické zásuvky
- Zapněte hlavní vypínač

Po zapnutí hlavního vypínače se na displeji zobrazí na přibližně 5 vteřin inicializační stránka. Zde se můžete dozvědět například datum poslední kalibrace a výsledky interních testů.

Inicializační stránka se sama změní během 5 vteřin, nebo ji můžete přeskočit současným dotekem alespoň dvou prstů na dotekový panel.

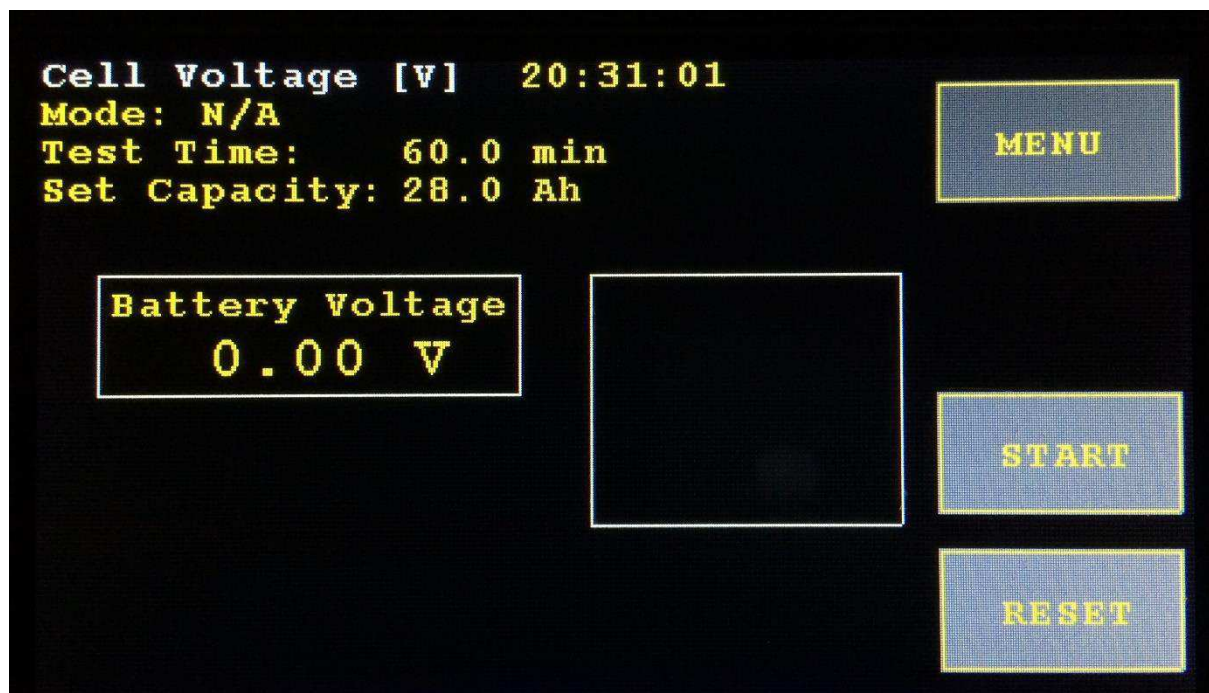


3) Hlavní obrazovka

Na hlavním panelu můžete vidět aktuální čas v zařízení, aktuálně zvolené parametry testu a funkční tlačítka. Pokud není zvolený mód testu (Mode: N/A), jsou tlačítka „START“ a „RESET“ neaktivní.

V případě, že je navolen mód analýzy pro 14 nebo 28 V baterii, zobrazí se na hlavní obrazovce napětí připojené baterie a další informace o průběhu. Napětí se neustále aktualizuje.

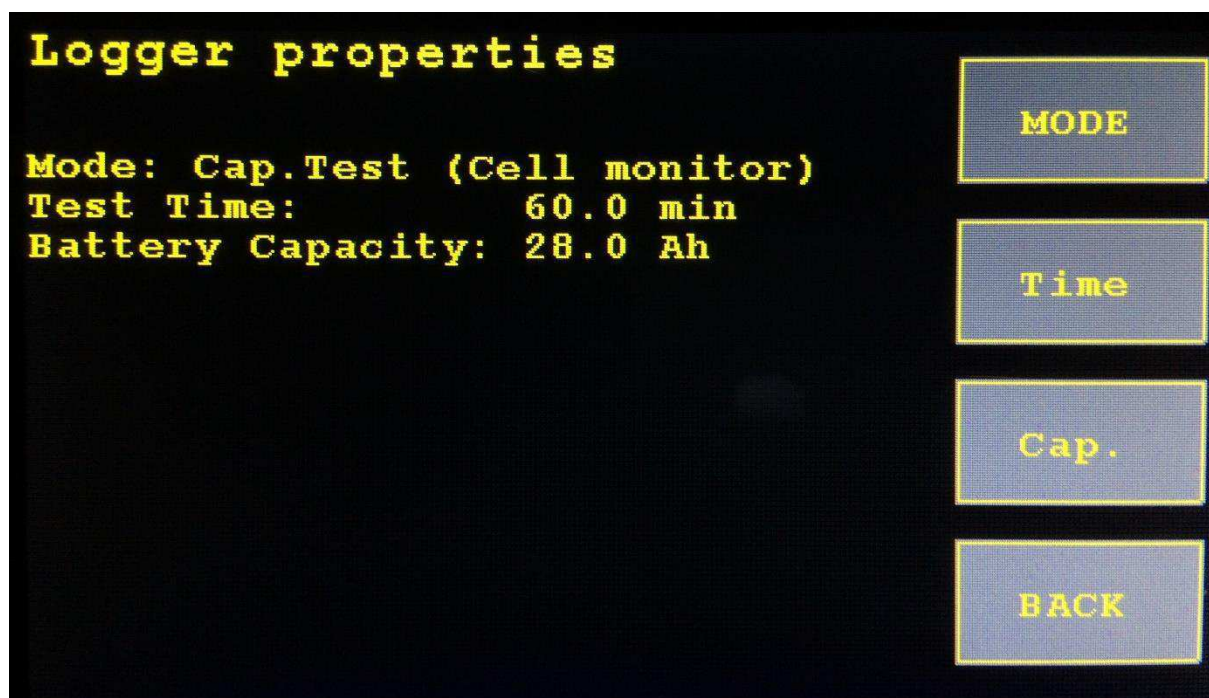
V případě navolení módu pracujícího s měřicí korunou (20 článková baterie), bude na hlavní obrazovce zobrazeno napětí každého článku zvlášť. Zde probíhá aktualizace jednoho článku po druhém postupně.



4) Navolení parametrů analýzy

Na hlavní obrazovce stiskněte tlačítko „MENU“ a tlačítko „Log“.

Zobrazí se stránka „Logger properties“



Opakovaným stisknutím tlačítka „MODE“ zvolte požadovaný mód:

- Charging (Cell monitor)
- Cap.Test (Cell monitor)
- Charging (14V battery)
- Cap.Test (14V battery)
- Charging (28V battery)
- Cap.Test (28V battery)

Stisknutím tlačítka „Time“ se zobrazí strana s numerickou klávesnicí. Stisknutím příslušných kláves navolíte dobu trvání testu kapacity v minutách. Svoji volbu potvrdíte stisknutím tlačítka „NEXT“, kterým se také vrátíte na předchozí stranu.

Stisknutím tlačítka „Cap.“ se zobrazí strana s numerickou klávesnicí. Stisknutím příslušných kláves navolíte kapacitu testované baterie v Ampérhodinách [Ah] . Svoji volbu potvrdíte stisknutím tlačítka „NEXT“, kterým se také vrátíte na předchozí stranu.

Stisknutím tlačítka „BACK“ se vrátíte zpět do Menu, opětovným stiskem tlačítka „BACK“ se vrátíte na hlavní stranu, kde se již zobrazují aktuální data dle zvolených parametrů.

5) Spuštění procesu

Pokud jsou nastaveny parametry analyzované baterie a zároveň na úvodní straně jsou viditelná validní reálná data, začnete proces stisknutím tlačítka „START“.

Budete vyzváni k zadání sériového čísla baterie, k tomu využijte numerické klávesnice. Pro opravu zadání použijte tlačítko „C“, která smaže Vaše zadání a přesune kurzor na začátek. Své zadání potvrdíte tlačítkem „NEXT“.

20 Channel NiCd Battery Analyser

Nyní budete vyzváni k zadání čísla části (tzv. Part Number), to zadejte stejným způsobem jako sériové číslo a potvrďte tlačítkem „**NEXT**“.

Následně jste vyzváni (pokud jste v módu testu kapacity) k zapnutí regulovatelné zátěže a tím ke spuštění testu kapacity. Proces měření času a zapisování hodnot začne automaticky při detekci napěťového poklesu od momentu stisknutí tlačítka START.

Automatické spuštění můžete obejít stisknutím „slepého tlačítka“ v pravém horním rohu.

V případě nutnosti se můžete vrátit zpět na hlavní obrazovku stisknutím tlačítka „**BACK**“.

6) Průběh procesu

Jakmile je proces spuštěn, můžete na obrazovce sledovat aktuálně načtené hodnoty, uplynulý/zbývající čas, aktuální počet záznamů a aktuálně dosaženou kapacitu.

Pokud je analyzátor v módu testování kapacity, dojde k ukončení procesu automaticky po:

- Uplynutí doby zadané jako „Cap.Test Time“
- Poklesu napětí pod limitní mez
- Stisknutí tlačítka „**STOP**“

Pokud je analyzátor v módu sledování nabíjení, dojde k ukončení procesu výhradně po stisknutí tlačítka „**STOP**“.

Při jakémkoliv z těchto akcí dojde přechodu na stranu s výsledky.

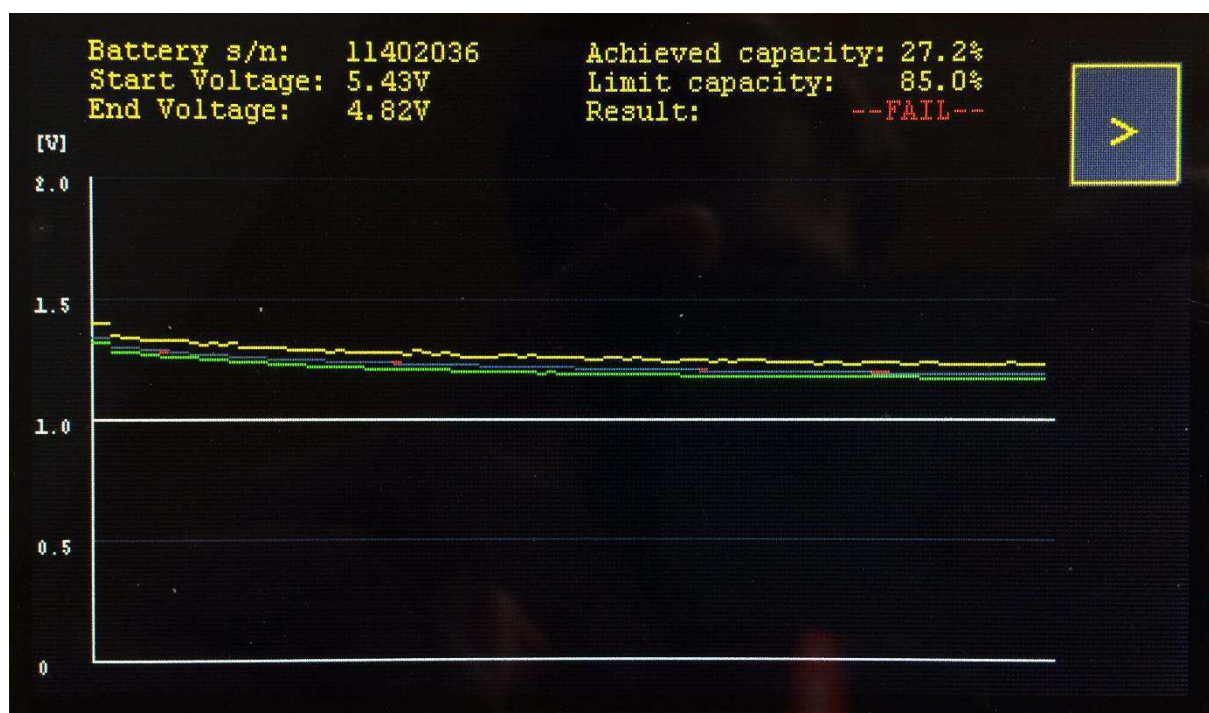
7) Obrazovka s výsledky

Dominantní informací je bodový graf vykreslující průběh zaznamenaných hodnot v závislosti na čase.

Dále jsou v horní části zobrazeny stěžejní informace o proběhlé analýze, jako například:

- Seriové číslo baterie
- Napětí při začátku testu
- Konečné napětí
- Dosažená kapacita
- Minimální požadovaná kapacita
- Délka testu/nabíjení
- Zhodnocení (PASS/FAIL)

Jednotlivé parametry se mohou lišit v závislosti na jejich relevantnosti, podrobnější informace jsou dostupné po exportu dat do PC.

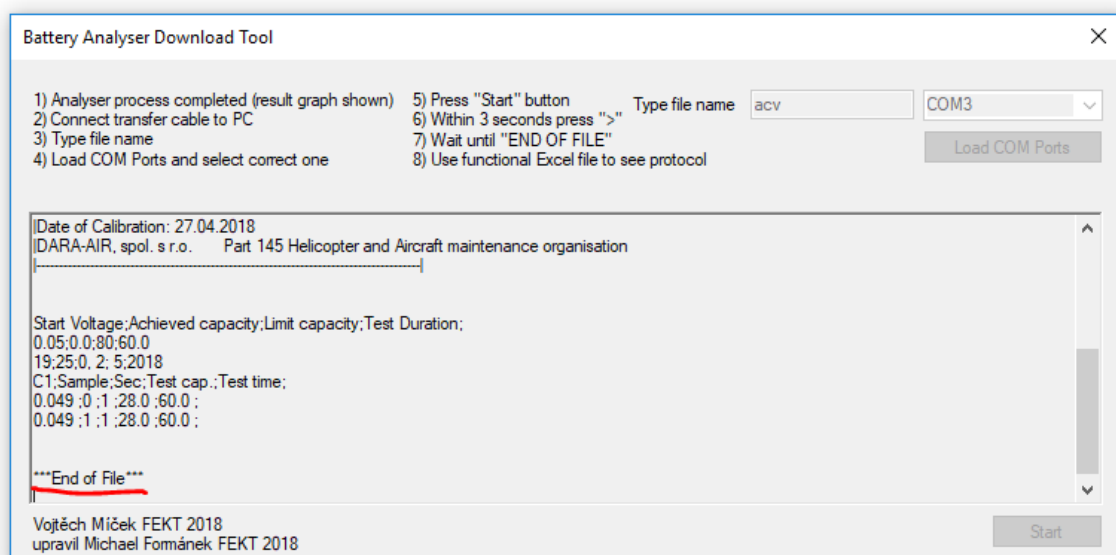
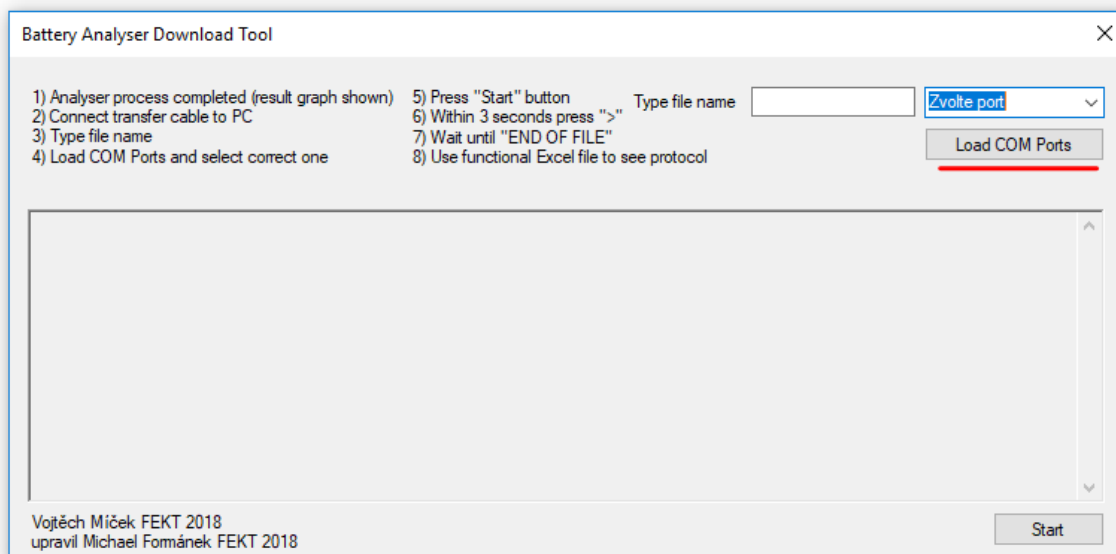


8) Export dat do PC

Nechte zařízení na obrazovce s výsledky a připojte datový kabel do zásuvky „P3“. Připojte do počítače sériový port a otevřete aplikaci „Analyser_download.exe“.

- Po otevření stiskněte „Load COM Ports“ a v rozbalovací nabídce vyberte příslušný port.
- Do políčka „Type file name“ vepište vlastní název souboru
- Stiskněte „START“
- Na analyzáru stiskněte tlačítko „>“
- Na displeji obslužného programu začnou probíhat řádky testu, jakmile se text zastaví, musí poslední řádek obsahovat větu „***End of File***“. Ta značí, že je export dokončen a data jsou v pořádku.
- Exportovaný soubor je k nalezení ve složce „>Tento počítač > Dokumenty > Battery Analyser“
- Exportovaný soubor má název „*váš název*.txt“

20 Channel NiCd Battery Analyser



UPOZORNĚNÍ

Jakmile jednou opustíte obrazovku s výsledky, jsou všechna data ztracena a není možné je již exportovat!

9)Práce s daty v PC

Otevřete obslužný soubor aplikace MS Excel a pomocí tlačítka „Load File“ na kartě „Input“ vyberte a načtěte příslušný soubor. Program provede automatický převod dat, vykreslí grafy a vygeneruje protokoly.

Na straně „Input“ je dále nutné zadat informace o obsluze, číslo zakázky a z rozbalovacího seznamu zvolit výrobce baterie.

Program nerozezná, o jaký test se jedná, proto je nutné si stisknutím příslušného tlačítka vybrat daný protokol.

After data download press "Load File" button and select proper file	Load File
---	-----------

Information from loaded File	
Date of test:	15.05.2018
Time of test:	09:01:20
Battery p/n:	31908-001
Battery s/n:	10400525
Date of calibration:	27.04.2018
Mode:	Capacity Test

Operator's info	
Name, approval No.:	Michael Formánek, A22
W/O:	
Tail No.:	OK-EDP
Battery Mfg.:	Marathon Batteries
Min. Capacity:	85

Operator's note
Here you can type note, like performed work, found problems and date of next periodic inspection
První test kapacity.

Pb Test Form	NiCd Test Form
Pb Test Graph	NiCd Test Graph
Pb Characteristics Form	NiCd Characteristics Form
Pb Characteristics Graph	NiCd Characteristics Graph

Příloha 11 – Aplikace pro přenos dat z analyzáru

Příloha je dostupná na přiloženém datovém nosiči

Soubor „Příloha 11.zip“

Příloha 12 – Soubor dat z reálného měření

Příloha je dostupná na přiloženém datovém nosiči

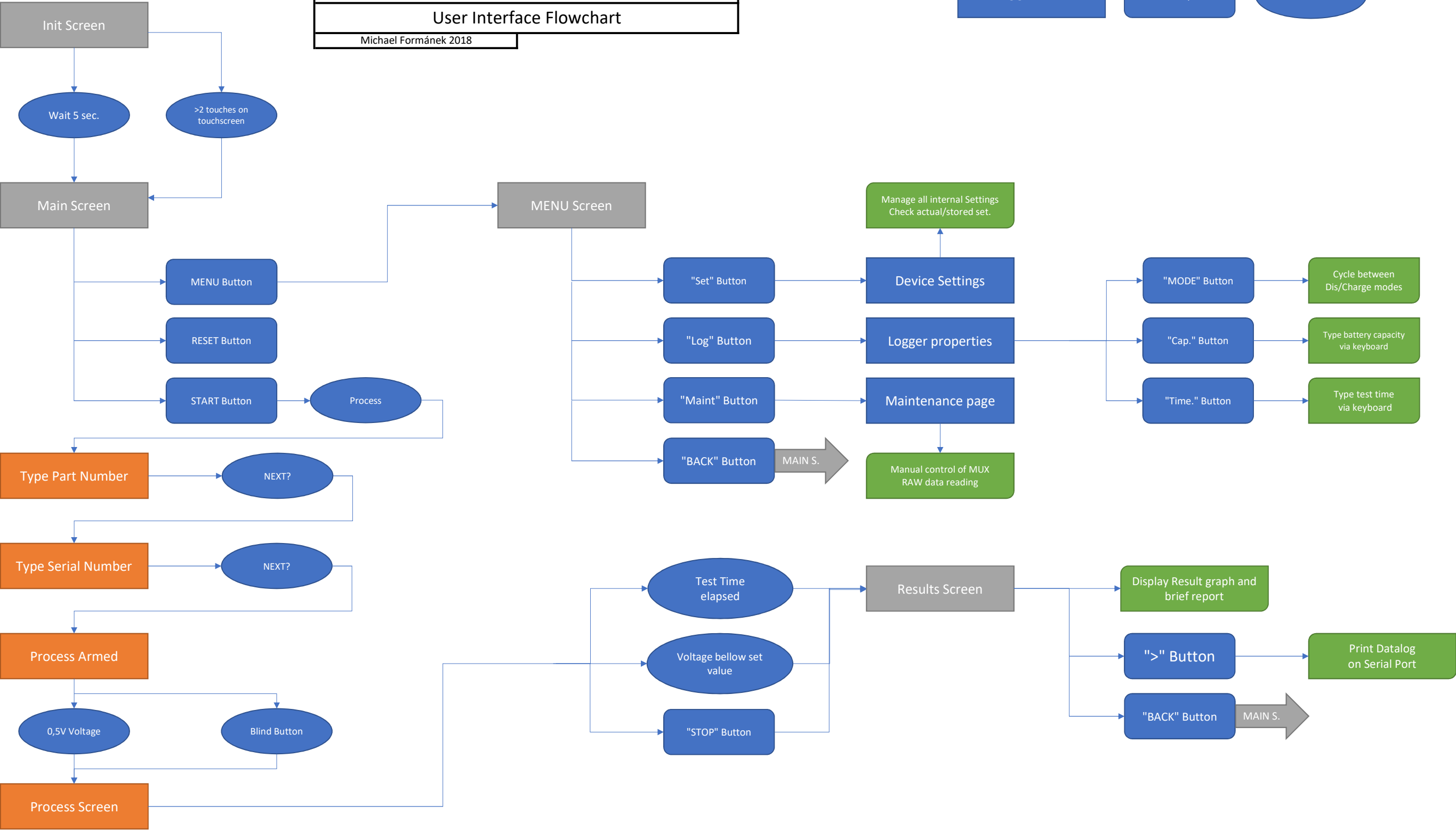
Soubor „Příloha 12.txt“

Příloha 13 – User Interface Flowchart

20 Channel NiCd Battery Analyser

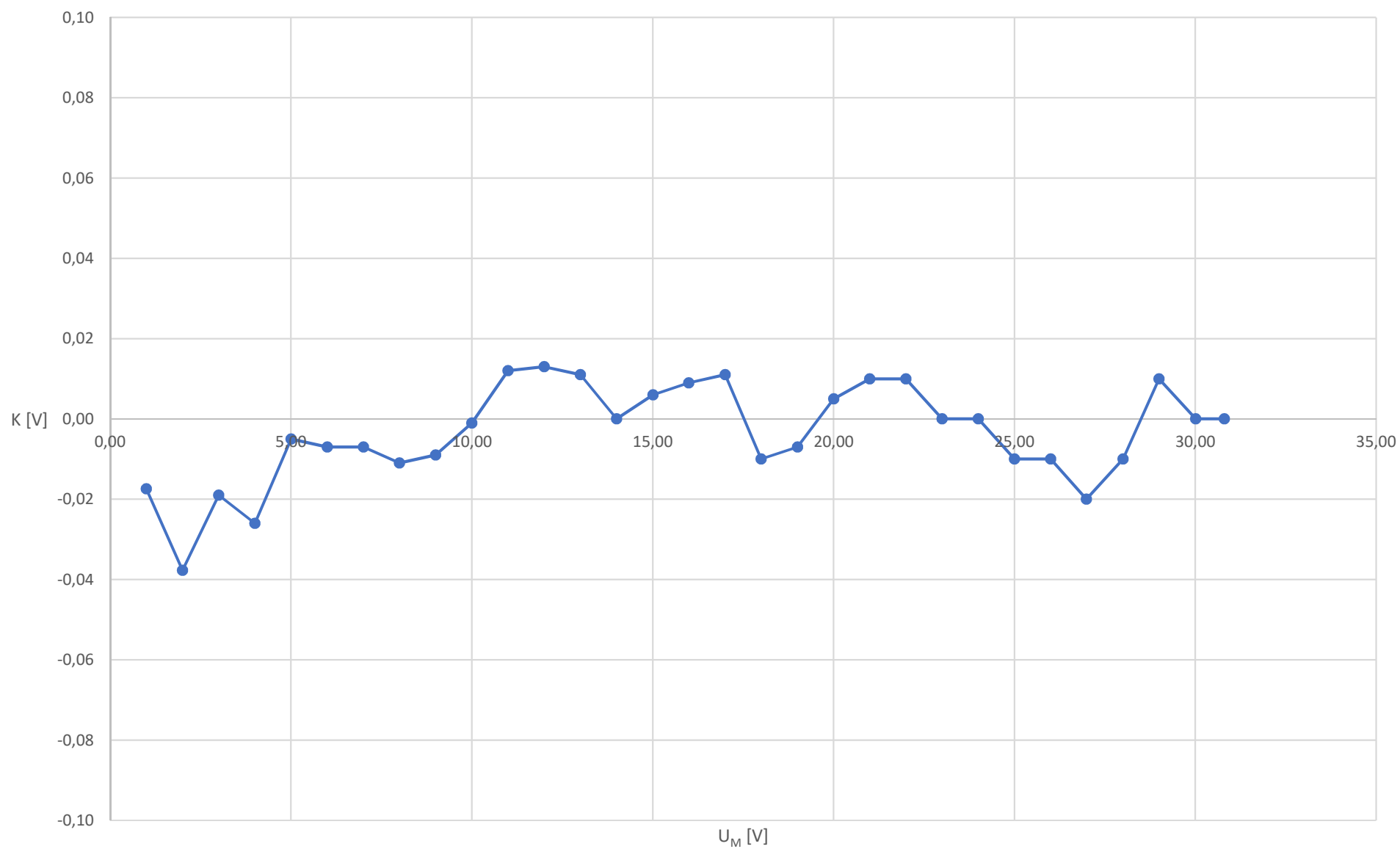
User Interface Flowchart

Michael Formánek 2018



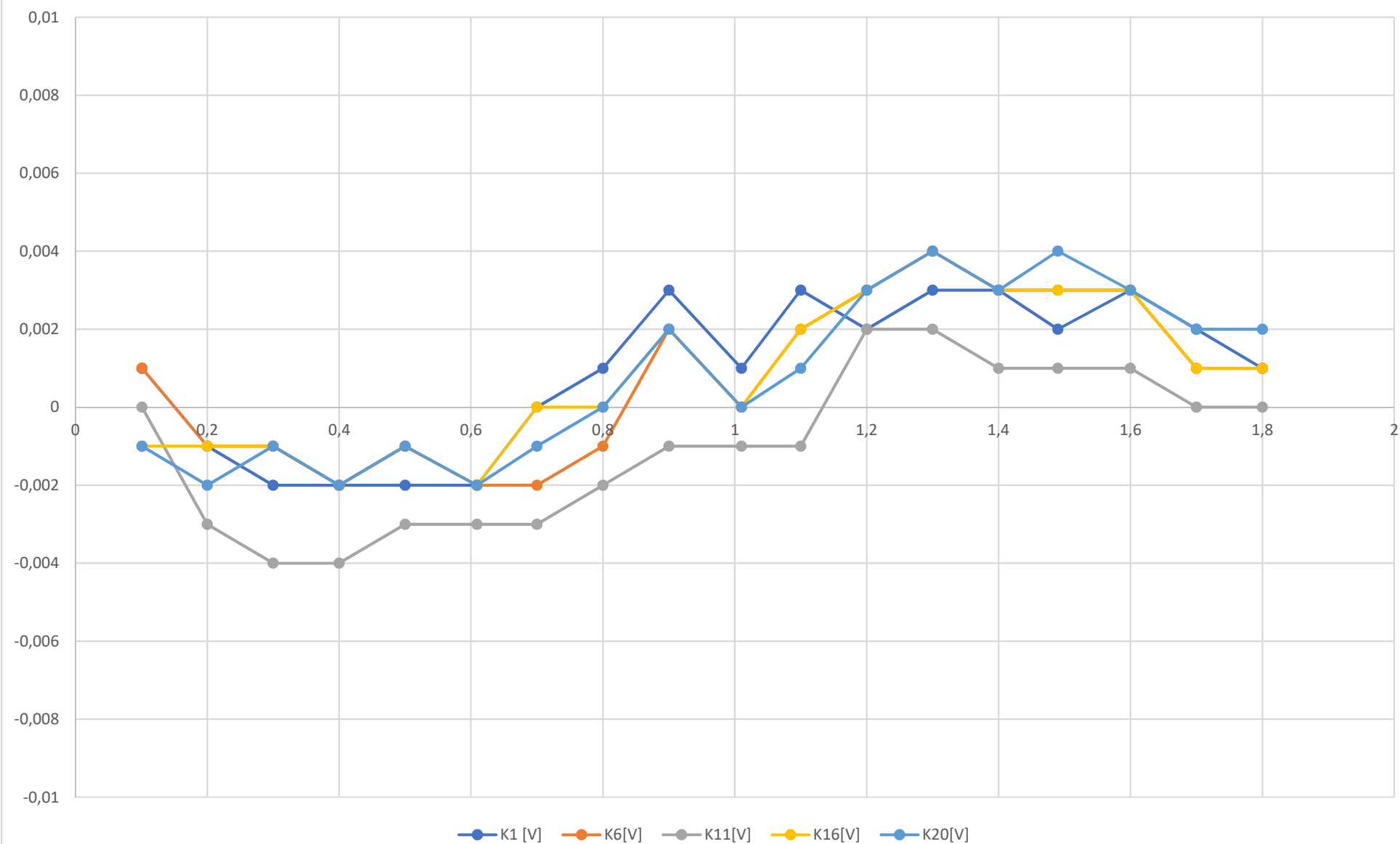
Příloha 14 – Korekční křivka vstupu P3

Korekční křivka Voltmetru na vstupu P3



Příloha 15 – Korekční křivka vstupu P4

Korekční křivky jednotlivých vstupů konektoru P4



Příloha 16 – Blokové schéma zařízení

